การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ

(PACKET RADIO)

โดย

นายณรงค์ นุ่มประเสริฐ 34131210

นายยงยุทธ คล่องแคล่ว 34131223

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2536

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ (PACKET RADIO)

ผู้จัดทำ

1. นายณรงค์ นุ่มประเสริฐ 34131210

2. นายยงยุทธ คล่องแคล่ว 34131223

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... อาจารย์ปรึกษา

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลผ่านระบบวิทยุ

PACKET RADIO

โดย นาย ณรงค์ นุ่มประเสริฐ 34131210

นาย ยงยุทธ คล่องแคล่ว 34131223

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์

บทคัดย่อ

PACKET RADIO เป็นการติดต่อสื่อสารโดยอาศัยคลื่นวิทยุ ประโยชน์ของ PACKET RADIO คือความสามารถในการส่งข้อมูลได้รวดเร็วครบถ้วน และไม่มีการผิดพลาด ที่เรียกว่า PACKET ก็เพราะว่าข้อมูลได้รับการแบ่งออกเป็นชุดๆ เพื่อความสะดวกในการรับส่งข้อมูลจึงเรียกข้อมูลแต่ละชุดนั้น ว่าหนึ่ง PACKET โดยแต่ละ PACKET ที่รับส่งจะกำหนดรหัสประจำตัวของทั้งผู้ส่งและผู้รับ จึงไม่มีการผิดพลาดเกิดขึ้น การรับส่งทำได้ที่ละหลายๆ คู่สถานีในเวลาเดียวกัน โดยผลัดการรับและผลัดกันส่งในขณะที่ความถี่ว่าง โดยมีโอกาสส่งชนกันน้อยมากสำหรับการติดต่อระหว่างสถานีที่อยู่ไกลกันเกินกว่าที่จะติดต่อกันได้สามารถกระทำได้โดยการส่งผ่าน DIGIPEATER ซึ่งเป็น REPEATER ที่ใช้สำหรับ PACKET RADIO โดยการส่งผ่านเป็นทอดๆ ด้วยความแม่นยำไม่ผิดพลาด

ABSTRACT

Packet radio was a new mode of radio communications packet radio is able to transter data faster and more accuratery than any other mode. It is being used to move and distribute vast quantities of information. The packet-radio bulletin-board systems are the conduit and warehouse of this information, Which includes bulletins, newsletters,computer programs, directories, hardware tips and any other type of information. A diqipeater (contraction for "digital repeater") is a device that receives, temporarily stores and then retransmits packe-radio transmissions. Digipeaters only repeat transmissions that are specifically addressed for routing through that digipeater.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีการทำงาน	2
2.1	7 ระดับของ OSI-RM	3
2.2	AM.25 : Amateur Link-Layer Protocol	5
2.3	เฟรมและฟิลด์ของ AX.25	5
2.4	Supervisory Frames	8
2.5	Unnumbered Frames	8
2.6	การทำงานของ AX.25	9
2.7	PADS, MODEMS และ TNCS	11
2.8	Modulator-Demodulator (Modems)	14
2.9	การติดตั้ง Packet-radio	27
2.10	อุปกรณ์ Terminal ซึ่งใช้ติดต่อกับผู้ใช้	28
2.11	อุปกรณ์ RF และการต่อเข้ากับ Radio	29
2.12	การต่ออุปกรณ์ Packet-radio เข้าด้วยกัน	30
2.13	การต่อ TNC เข้ากับ Terminal	30
2.14	การต่อ TNC เข้ากับ Radio	32
บทที่ 3	การออกแบบ AX.25 LINK-LAYER PROTOCOL	34
3.1	ซอบเขตและฟิลด์ของการทำงาน	34
3.2	โครงสร้างของเฟรม	35
3.3	องค์ประกอบของการปฏิบัติ	44
3.4	รายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติของ AX.25	54
3.5	Flow Structure โปรแกรมส่งข้อมูล	67
3.6	Flow Structure โปรแกรมรับข้อมูล	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 69

4.1 การติดตั้ง 69

4.2 การเชทอัพ 73

4.3 การเตรียมการก่อนการทดลอง 75

4.4 ลำดับขั้นการทดลอง 77

บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ 79

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

Packet Radio คือผลิตภัณฑ์ของยุคคอมพิวเตอร์และเป็นผลให้ Packet Radio แสดงยุคคอมพิวเตอร์ซึ่งทำให้การติดต่อสื่อสารมีประสิทธิภาพมาก

Packet Radio ทำให้การติดต่อสื่อสารไม่มีข้อผิดพลาด สถานีรับจะรับข่าวสารซึ่งเหมือนกันที่ส่งโดยสถานีส่ง

Packet Radio ใช้ radio Spectrum อย่างมีประสิทธิภาพ ความถี่วิทยุ 1 ความถี่อาจจะใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารได้หลายทางในเวลาเดียวกัน สถานี A สามารถติดต่อกับสถานี B โดยใช้ความถี่ C ในขณะที่สถานี D ติดต่อกับสถานี E โดยใช้ความถี่ C เช่นเดียวกัน

Packet Radio จะใช้สถานีอื่นๆ อย่างมีประสิทธิภาพ สถานี Packet Radio ใดๆ สามารถสั่งสถานี Packet Radio อื่นๆ ทำการสร้างโครงข่ายสำหรับถ่ายทอดข่าวสาร ถ้าสถานี A ไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับสถานี C ได้ สถานี A สามารถส่งให้สถานีที่อยู่ระหว่างสถานี A กับสถานี C ให้ทำการติดต่อกับสถานี C ได้

Packet Radio ใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาย Packet Radio จะมี Bulletin-Board Systems ในการเปลี่ยนแปลงเวลาโดยอนุญาตให้ผู้ที่กำลังใช้งาน Packet Radio เก็บข้อความสำหรับนำกลับออกมาโดยนักวิทยุสมัครเล่นอื่นๆ หลังจากเวลานั้นผ่านพ้นไป ถ้าสถานีที่ A มีข่าวสารที่จะส่งถึงสถานี B แต่สถานี B ไม่ได้ออกจอภาพอยู่ในขณะนั้นสถานี A สามารถฝากข้อความถึงสถานี B และเก็บข่าวสารไว้ใน Bulletin Board Systems สำหรับนำกลับออกมาโดยสถานี B ในขณะที่สดวกในการรับข่าวสาร

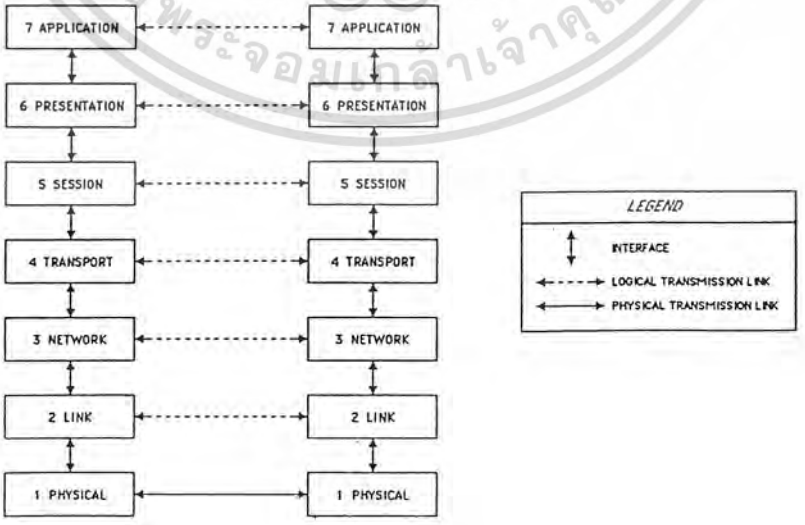
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีการทำงาน

ในอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ องค์กรที่ทำหน้าที่ในการรักษามาตรฐานในการติดต่อระหว่างระบบของคอมพิวเตอร์ก็คือ International Standard Organization (ISO) ผลของความพยายามก็คือ ได้ข้อกำหนดของโมเดลที่เรียกว่า ISO Open Systems Interconnection Reference Model (OSI-RM) ซึ่งจะกำหนดความแตกต่างของระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการติดต่อกับระบบอื่นๆ ซึ่งก็คือ Communication Protocots ซึ่งใช้ในระบบคอมพิวเตอร์ที่เป็นโมเดลที่ยึดข้อกำหนดเดียวกัน

การทำงานของ packet-radio จะใช้หลักการของ OSI-RM เพราะว่ามันจะให้รูปแบบสำหรับการพัฒนาของ amateur packet-radio protocols ข้อเสียของ OSI-RM ก็คือ ไม่สามารถใช้ร่วมกับระบบมาตรฐานของการเชื่อมโยงโครงข่าย packet-switching โดยทั่วไปได้ มาตรฐานหรือ Protocol นี้เรียกว่า CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee) หรือเรียกว่า X.25 และมันเป็นหลักเกณฑ์ของ amateur packet-radio protocol AX.25 (สำหรับ amateur X.25)ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 Block diagram แสดงการทำงานของ ISO Open Systems Interconnection Reference Model (OSI-RM) สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็น[illegible]ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 7 ระดับของ OSI-RM

เริ่มตั้งแต่ระดับต่ำสุดจนถึงระดับสูงสุดของ OSI-RM ก็คือ

1. Physical Layer
2. Link Layer
3. Network Layer
4. Transport Layer
5. Sestion Layer
6. Presentation Layer
7. Application Layer (ระดับสูงสุด)

จุดสำคัญในการพัฒนาของ amateur Packet-radio protocols

ระดับที่ 1 ถึงระดับที่ 4 มีความสำคัญมากที่สุด Protocols สำหรับ physical และ Link layers ซึ่งมีอยู่แล้วในขณะนี้ ส่วน Protocols สำหรับ Network และ Transport layer ซึ่งกำลังพยายามทำและทดสอบและพยายามที่จะพัฒนาอยู่ physical layer จะเกี่ยวกับอุปกรณ์ทางด้าน machanic และทางด้านไฟฟ้าทำหน้าที่ย้ายข้อมูลจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ โดยใช้ตัวกลางที่เป็นระบบปิดในการติดต่อสื่อสาร ตัวอย่างเช่น Electronic Industries Association (EIA) มีหลักเกณฑ์มาตรฐานสำหรับ Physical layer ที่จะกำหนดให้ Electrical และ Machanical เชื่อมโยงกัน สำหรับเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งข้อมูลจะเป็นเลข binary ระหว่าง data terminal equipment (DTE) และ data circuit-terminating equipment (DCE) ซึ่งเป็นมาตรฐานของ EIA-232-D ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มการใช้งาน EIA RS-232-C

ระดับที่ 2, Link layer ทำหน้าที่เรียบเรียงข้อมูลหลายๆ bit ให้เป็น frames และจะทำให้เคลื่อนย้ายข้อมูลเกิด error-free สำหรับเฟรมที่ไม่อยู่ในการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสาร ตำแหน่งของข้อมูลจะถูกรวบรวมเข้าไปในแต่ละเฟรม เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายจากต้นทางไปยังปลายทาง การเข้ารหัส (code) จะถูกคำนวณสำหรับแต่ละเฟรมที่สถานีปลายทาง และ code นี้จะถูกทำการตรวจสอบกับ code ที่ส่งไปโดยสถานีต้นทางกับ code ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการคำนวณขึ้นมา เฟรมที่บรรจุซึ่งเกิดการผิดพลาดนี้ จะถูกยกเลิกไป ISO' s High Level Data Link Control Procedure (HDLC) คือ มาตรฐานอันหนึ่งซึ่งกำหนดให้สำหรับ Link layer และยังมี IBM's Synchronous Data Link Control (SDLC)

ระดับที่ 3, Network layer จะเกี่ยวข้องกับทางเดินของเฟรมตลอด network ซึ่งเชื่อมโยงกันอยู่ นี่คือความสำเร็จโดยการรวบรวมข้อมูล networking แต่ละเฟรมหลัก 2 ประการของ Network layar ซึ่งจะต้องยึดถือไว้ก็คือการต่อหรือวงจรที่แท้จริงของ protocol ซึ่งถูกกำหนดขึ้นมาและการรักษาให้เส้นทางที่ปรากฏเป็นการต่อแบบโดยตรง สำหรับหลังจากที่ packet ระหว่างต้นทางและปลายทางถูกเคลื่อนย้ายจนหมดแล้ว ในระหว่างที่ทำการติดต่อข้อมูลอยู่นั้น จะมีสิ่งหนึ่งซึ่งวงจรสร้างขึ้นมาก็คือ แต่ละ Subsequent packet จะไม่จำเป็นที่จะต้องบรรจุตำแหน่งข้อมูลทั้งหมดลงไปในวงจร

การต่อหรือ datagrams protocol จะเคลื่อนย้ายแต่ละ packet โดยอิสระไปตามทางเดินที่ดีที่สุด ดังนั้น ทางเดินที่ดีที่สุดอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงระยะเวลา หลังจากเคลื่อนย้าย packet ระหว่างต้นทางและปลายทางซึ่งเหมือนกันแล้วในระหว่างที่ทำการติดต่อข้อมูลอาจจะเส้นทางอื่นซึ่งแตกต่างไปก็ได้นั่นคือ แต่ละ packet จำเป็นจะต้องใส่ตำแหน่งข้อมูลที่สมบูรณ์ลงไป

ระดับที่ 4 ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของOSI-RMก็คือ Transport layer ซึ่งจะรักษาการต่อในลักษณะเห็นได้โดยตลอด ทั้งต้นทางและปลายทางโดยการรับรู้ข้อมูลที่ปลายทางจะสมบูรณ์แน่นอน และมี Sequence ที่เหมือนกันกับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากต้นทาง

ระดับที่ 5 Session layer จะทำให้การไหลของข้อมูลมีความสอดคล้องกับระดับที่ 6 Presentation layer ซึ่งทำให้เป็นมาตรฐานสำหรับการถ่ายทอดหรือการแปลงความหมายของข้อมูลที่ถูกแลกเปลี่ยนระหว่างต้นทางและปลายทาง

ระดับที่ 7 เป็นระดับสูงสุดของ OSI-RM Application layer จะทำให้การ Interface ระหว่าง OSI-RM layers และโปรแกรมที่ใช้งานทำงานได้บนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 AX.25 : Amateur Link-Layer Protocol

AX.25 Amateur Packet-Radio Link-Layer Protocol, Version 2.0 ซึ่งก็คือ AX.25, AX.25 เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ packet-radio เป็นจำนวนมาก AX.25 จะกำหนดความจุและรูปแบบของ amateur packet-radio frame และ frame อย่างไรจึงจะสามารถใช้กันได้กับ Link layer โดยสถานี Packet-radio

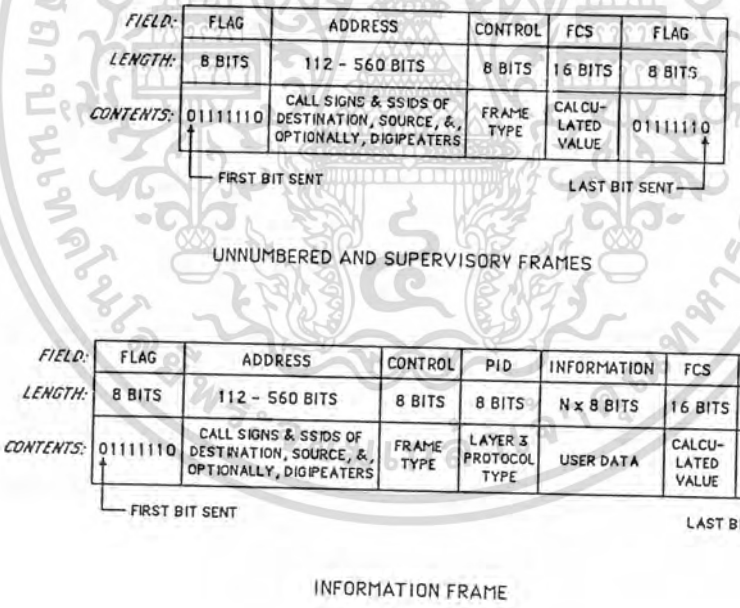
จากการกำหนด AX.25 จะทำงานได้ดีเทียบเท่ากับทั้ง half-duplex หรือ full-duplex มันจะถูกออกแบบให้ทำงานกับการติดต่อระหว่างแต่ละสถานี Packet-radio หรือกับสถานี Packet-radio ที่ระบุได้ และเป็นแบบ Multiport controller AX.25 สามารถที่จะขยายการติดต่อออกไปได้ (ถ้าอุปกรณ์ Packet-radio จะมีความสามารถที่จะขยายการติดต่อได้) Balanced Link Access Procedure (LAPB) ของ CCITT หรือ AX.25 จะเหมาะสมกับ Amateur Radio ซึ่งมี Call Signs (สัญญาณเรียกขาน) สำหรับกำหนดตำแหน่งของแต่ละ packet (กำหนดการทำงานของ packet-radio โดยการส่งCQS, beacons และทำการส่งหลายๆ ครั้ง และจะเป็นการสนับสนุน ที่ Link layer)

2.3 เฟรมและฟิลด์ของ AX.25

AX.25 ที่จะทำการส่งออกไปนั้น ประกอบได้ด้วยบล็อกเล็กๆ ของข้อมูลซึ่งเรียกว่าเฟรม ซึ่งประกอบไปด้วยเฟรมเบื้องต้น 3 เฟรมคือ Information frame (หรือ I-frame), Supervisory frame (หรือ S-frame) และ Unnumbered frame (หรือ U-frame) I-frame จะบรรจุข้อมูลของผู้ใช้ ซึ่งจะทำการเคลื่อนย้ายจากสถานีหนึ่งไปยังสถานีอื่น S-frame ทำหน้าที่ควบคุมการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสาร ตัวอย่างเช่น S-frame จะบอกว่าได้รับ I-frame แล้ว หรือต้องการให้ทำการส่งข้อมูลของ I-frame มาใหม่ U-frame จะทำการรวมการควบคุมของการเชื่อมโยงการติดต่อสื่อสารและทำการส่ง Unconnected frames (UI-frames)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใน frame จะแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ซึ่งเป็นบล็อกเล็กๆ ของข้อมูลซึ่งเรียกว่า fields แต่ละฟิลด์จะกำหนดความยาว โดยการจัดเป็นหน่วย octets (octet มีค่าเท่ากับ 1 byte, หรือ 8 bits) แต่ละเฟรมประกอบด้วย flag field, address field, control field, frame-check Sequence field และfinal flag field I-frame และ II-frames ประกอบด้วย protocol Identifier field และ Information ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดง formats ของ AX.5 Unnumbered Supervisory และ Information frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flag field แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของเฟรม 1 flag field อาจจะแบ่งออกเป็น 2 เฟรม เช่นเดียวกับตำแหน่ง Single flag field แสดงจุดสุดท้ายของเฟรมแรกและจุดเริ่มต้นของเฟรมที่สอง flag field จะเท่ากับ 1 octat และจะบรรจุ unique [01111110 (7E เลขฐาน 16)] ดังนั้น ไม่มี octet อื่นมีจะอธิบายความหมายของ flag field

ขบวนการที่เรียกว่า zero bit insertion หรือ bit stuffing เป็นการป้องกัน octets อื่น ระหว่าง flag octats จากการที่มี Unique อื่น (ไม่มี flag octets)ของเฟรมที่ต้องการสำหรับทำการส่งข้อมูล สถานีที่จะทำการส่ง packet-radio จะใส่ (หรือ stuffs) bit 0 หลัง bit 5 การเรียงลำดับ 5 bits ซึ่งเกิดขึ้นใน frame ที่รับได้ สถานีที่ทำการรับ packet-radio จะตัด bit 0 ทิ้งไป หลังจาก 5 bit (ทำให้ frame ค้างอยู่ตลอดไป)

Address field ประกอบไปด้วย Call signs (สัญญาณเรียกขาน) ซึ่งอยู่ใน frame ของต้นทางและปลายทาง ซึ่งจะบรรจุ call signs ได้ตั้งแต่ 1 ถึง 8 digipeater ความยาวของ Address field สามารถปรับได้จากค่าต่ำสุด 112 bits (14 octets) จนถึงสูงสุด 560 bits (70 octets)

7 octets แรกของ Address field ประกอบด้วย call sign และ Secondary Station Identifier (SSID) ของสถานีปลายทาง (SSID) ยอมให้ใช้ได้เพียง 1 call sign โดยที่มีสถานี packet-radio มากกว่า 1 สถานี, SSID อาจมีจำนวนจาก 0 ถึง 15; (ใน TNCS (Terminal Node Controller) ส่วนมากแล้ว ถ้าไม่ได้ระบุ SSID, แสดงว่าถูกกำหนดไว้ที่ 0) octets ที่ 8 จนถึง 144 ของ Address field ประกอบไปด้วย Call Sign และ SSID ของสถานี packet-radio ซึ่งเป็นสถานีต้นทาง

ถ้า digipeaters ถูกกำหนดให้เป็น 1 หรือมากกว่า สำหรับทางเดินของเฟรมแต่ละ digipeater ของ Callsign และ SSID ซึ่งถูกบรรจุอยู่ใน Address field octets ซึ่งติดตาม Callsign และ SSID ของสถานีต้นทาง (octets 16 จนถึงสูงสุดคือ 70) สิ่งที่เหมือนกันของสถานีปลายทางและสถานีต้นทางคือ digipeater call sign และ SSID มีความยาว 7 octets ถ้ามี digipeater มากกว่าซึ่งถูกบรรจุอยู่ใน Address field,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

digipeater แรก ใน Address fied เป็น digipeater แรกในเส้นทางที่กำหนด และ digipeater สุดท้ายใน Address field คือ digipeater สุดท้ายในเส้นทางที่กำหนดไว้

Control field แสดงชนิดของ frame มีความยาว 1 octet protocol identifier field(PID field)จะแสดง I หรือ UI frame เท่านั้น และมันจะแสดงชนิดของ network layer protocol ซึ่งใช้อยู่นั้น PID field มีความยาว 1 octet

Information field ประกอบด้วยข้อมูลที่แท้จริงของผู้ใช้หรือ Intelligence ซึ่งได้รับการถ่ายทอดใน I, UI หรือ frame reject (FRMR) frame information field มีความยาวสูงสุด 256 octets

Frame chech Sequence (FCS) field ใช้สำหรับตรวจสอบ frame ที่ผิดพลาดประกอบด้วย 16-bit ซึ่งคำนวณได้จากข้อมูลที่ส่งมาโดยสถานีส่ง ซึ่งสอดคล้องกับ ISO 3309 (HDLC) เมื่อได้รับ frame สถานีรับจะทำการคำนวณ FCS ขึ้นใหม่จากข้อมูลที่ได้รับ ถ้า FCS field ที่ส่งมาเท่ากับ FCS ซึ่งคำนวณได้โดยสถานีรับ เฟรมที่ได้รับจะไม่มีการผิดพลาด ถ้าไม่เท่ากันเฟรมที่ได้รับจะเกิดการผิดพลาด (และสถานีรับจะยกเลิก frame นั้น)

2.4 Supervisory Frames

Supervisory Frames มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของ communication link Receive Not Ready (RNR) frame แสดงว่าสถานีปลายทางไม่สามารถรับ I-frame ได้ เพราะว่าเกิดสภาวะ "busy" ขึ้นชั่วขณะหนึ่ง Receive Ready (RR) แสดงว่าสถานีปลายทางสามารถรับ I-frame ได้ ทั้ง RR และ RNR frame อาจจะบอกเกี่ยวกับ I-frame ที่รับได้ Reject (RES) frame จะถูกใช้โดยสถานีปลายทาง เมื่อต้องการให้สถานีต้นทางทำการส่งซ้ำอีก เมื่อได้รับ out-of-sequence frame

2.5 Unnumbered Frames

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Unnumbered Frames มีด้วยกัน 6 ชนิด ชนิดที่ 1 ถึง 5 กระทำเกี่ยวกับการทำ

งาน Supervisory และชนิดที่ 6 จะยอมให้ทำการส่งข้อมูลที่ไม่ได้ติดต่อไว้ก่อน

Set Asynchronous Balance Mode (SABM) เป็น unnumbered frame เริ่มต้นที่ต่ออยู่ระหว่างสถานี packet-radio 2 สถานีเช่นเดียวกับ Disconnect (DISC) frame จะบอกให้ทราบโดย Unnumbered Acknowledge (UA) frame ถ้าสถานี packet-radio ไม่ว่างและไม่สามารถรับการติดต่อได้มันจะยกเลิก SABM frame โดยการส่ง Disconnected Mode (DM) frame ออกไป

Frame Reject (FRMR) frame จะแสดงให้เห็นว่า สถานีต้นทางไม่สามารถปฏิบัติการได้ และเกิดการผิดพลาดขึ้น ดังนั้น จึงทำการส่ง frame ใหม่ ซึ่งจะไม่ตรงกับปัญหาที่เกิดขึ้น FRMR จะส่งเมื่อเกิดสิ่งผิดปกติขึ้นเท่านั้น

Unnumbered Information (UI) frame จะกำหนดข้อมูลที่จะทำการส่งจากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทาง โดยปราศจากการติดต่อกับสถานีปลายทาง เพราะว่าไม่มีการติดต่อระหว่างสถานีต้นทางและสถานีปลายทาง เมื่อ UI-frame ถูกส่งออกไปจะมีการตรวจสอบข้อผิดพลาด end-to-end ซึ่งหมายถึงไม่ได้ประกันว่า UI-frame จะรับได้โดยปราศจากข้อผิดพลาด UI-frame ใช้สำหรับเรียก CQ, โดยจะส่งออกไปโดยไม่ได้ระบุสถานีรับ (beacons) จึงไม่จำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบความผิดพลาดในการติดต่อสื่อสาร

2.6 การทำงานของ AX.25

HS1LOU ต้องการติดต่อกับ HSODSM ดังนั้น HS1LOU จึงสั่งให้อุปกรณ์ packet-radio เริ่มทำการติดต่อ ซึ่งสามารถกระทำได้โดย terminal node controller (TNC) ของ HS1LOU จะสร้าง frame ด้วย "HSODSMO" ใน destination address field และ "HS1LOUO" ใน Source address field control field จะถูกกำหนด SABM frame SABM frame จะถูกส่งไปยัง HSODSM-0 และ acknowledgment timer (T_1) จะเริ่มที่ HS1LOU T_1 จะเท่ากับจำนวนของเวลาที่ทำการส่งบวกกับจำนวนของเวลาที่สถานีปลายทางตอบกลับมา ถ้า digitpeaters ซึ่งเท่ากับ 1 หรือมากกว่า ซึ่งถูกใส่ไว้ในเส้นทาง T_1 จำเป็นที่จะต้องเพิ่มขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

03330

ถ้า HSODSM สามารถรับความต้องการการติดต่อจาก HS1LOU ได้ TNC ของ HSODSM จะตอบกลับไปโดย SABM frame กับ UA frame ถ้า HSODSM ไม่สามารถรับความต้องการการติดต่อได้ TNC จะตอบกลับไปด้วย DM frame

เมื่อ HS1LOU ได้รับการตอบสนองจาก HS1DSM แล้ว TNC จะยกเลิกเวลา T_1 ถ้าได้รับ UA frame HS1LOU จะใส่ data-transfer mode ถ้าไม่ได้รับการตอบสนองก่อนที่จะหมดเวลา T_1 HS1LOU จะทำการส่ง SABM frame ต่อเนื่องกันไป จนกระทั่งได้รับการตอบสนองหรือจนกระทั่งถึงเวลาที่ยกเลิกการติดต่อ ซึ่งกำหนดโดย TNC ของ HS1LOU

ใน data-transfer mode HS1LOU จะส่งข้อมูลถึง HSODSM ข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดย TNC ในรูปแบบของ I-frame ซึ่ง I-frame ที่ถูกส่งออกไป จะเป็นการเริ่มจับเวลา T_1 โดยสถานีส่ง

ถ้าสถานีปลายทางได้รับ I-frame ในขั้นตอนที่ถูกต้องและปราศจากข้อผิดพลาด สถานีปลายทางจะส่งมาบอกว่าได้รับถูกต้องแล้ว ถ้าสถานีที่ส่งไม่ได้ส่ง I-frame ออกไป มันจะส่งRR-frame(หรือRNRframe) ถ้ามันมี I-frame ที่จะส่งออกไป สามารถใช้ I-frame ในการแสดงข้อมูลต่างๆ หรือสามารถจะส่ง RR frame ตามด้วย I-frame

ถ้าสถานีปลายทางได้รับ I-frame ในขั้นตอนที่ไม่ถูกต้อง frame จะถูกยกเลิกและจะส่ง RES frame ออกไป ขั้นตอนที่ไม่ถูกต้อง หมายถึง I-frame ที่รับได้ ที่สถานีปลายทางมีความแตกต่างกับที่มันส่งออกไปโดยสถานีต้นทาง (แสดงโดยความแตกต่างระหว่าง E-frame ของสัญญาณที่รับได้ Send Sequence number และของสถานีปลายทาง receive state variable) เมื่อสถานีส่งได้รับ RES-frame มันจะส่ง frame ซึ่งถูกยกเลิกไปใหม่

เช่นเดียวกับสถานีปลายทางจะยกเลิก I-frame กับ frame ของ FCS ไม่ match กับ FCS ที่ได้จากการคำนวณ กรณีนี้สถานีปลายทางจะไม่ส่ง RES, RR หรือ RNR ดังนั้น เวลา T_1 ของสถานีส่งจะถูกนับจนหมดเวลา และสถานีส่งจะทำการส่ง frame ออกไปใหม่ และเริ่มนับเวลา T_1 ใหม่

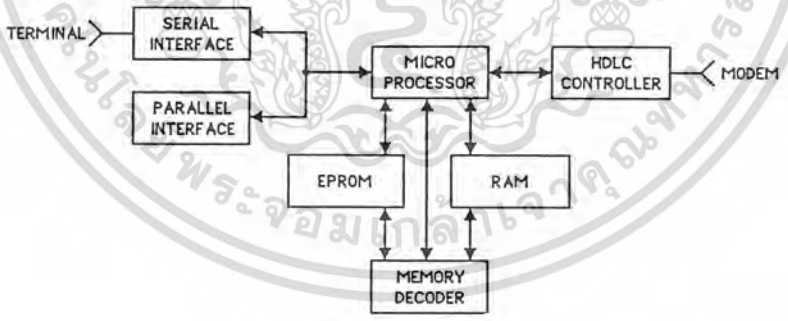
เมื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง HS1LOU และ HSODSM เสร็จโดยสมบูรณ์แล้วสถานีทั้งสองจะถูกยกเลิกการติดต่อ เพื่อเป็นการตอบสนอง TNC จะส่ง DISC frame ออกไปยังสถานีอื่น และจะเริ่มนับเวลา T_1 สถานีรับจะตอบสนองโดยการส่ง UA-frame และอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา รวมทั้งต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตำแหน่งที่ยกเลิกการติดต่อ มันจะยกเลิกเวลา T_1 และอยู่ในตำแหน่งยกเลิกการติดต่อ ถ้าไม่ได้รับสัญญาณตอบกลับมาก่อนที่จะหมดเวลา T_1 สถานีจะทำการส่ง DISC frame ออกไปใหม่จนกว่าจะได้รับสัญญาณตอบกลับมา หรือจนกระทั่งถึงจำนวนสูงสุดที่กำหนดไว้

2.7 PADS, Modems และ TNCS

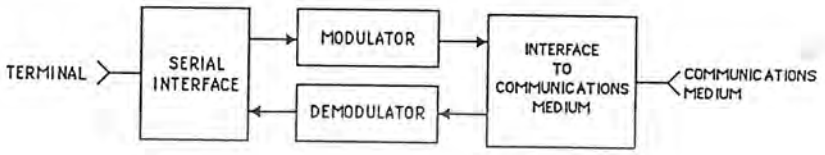
Packet assembler-disassembler (PAD) คือ วงจรของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถรวบรวม packets วงจรรับข้อมูลจาก terminal และกำหนดรูปแบบให้เป็น packet frame สำหรับทำการส่งออกไปโดยผ่านตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร และเช่นเดียวกัน PAD จะทำการแยก packets โดยรับ packet frame ที่รับได้จากตัวกลางในการติดต่อสื่อสารโดยการดึงข้อมูลจาก packet frames และทำการถ่ายทอดข้อมูลไปยัง terminal รูปที่ 3 แสดงการทำงานใน block diagram ของ Amateur Radio PAD



รูปที่ 3 Block diagram แสดงการทำงานของ PAD

ใน Amateur packet radio PAD จะถูกต่ออยู่กับ Modem ซึ่งทำหน้าที่ Modulate สัญญาณดิจิตอลของ PAD ให้เป็นสัญญาณอนาลอกซึ่งจะถูกส่งออกไปโดยเครื่องส่งของ Amateur Radio และทำการ Demodulate ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งให้กับ PAD (Modem คือ Modulator-Demodulator) รูปที่ 4 แสดงการทำงานโดย block diagram ของ Modem

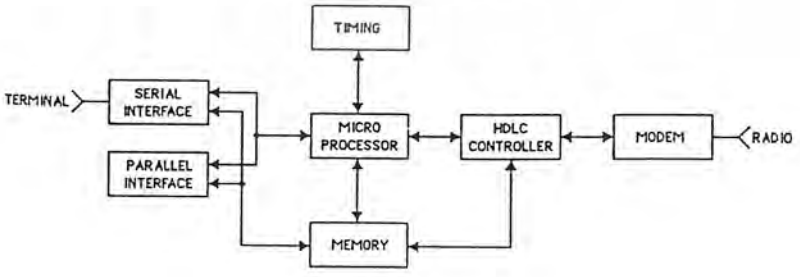
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 Block diagram แสดงการทำงานของ typical modem

Terminal Node Controller (TNCS)

โดยทั่วไป Terminal Node Controller (TNC) ก็คือ PAD ที่ถูกออกแบบให้ใช้งานเฉพาะการทำงานของ Amateur packet-radio อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ TNCS จะรวมเอาการทำงานของ PAD และ Modem ไว้ด้วยกัน รูปที่ 5 แสดงการทำงานโดย block diagram ของ TAPR TNC1 ซึ่งเป็น TNC ซึ่งมี Modem อยู่ภายใน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5 Block diagram แสดงการทำงานของ TAPR TNC1

ดังนั้น อุปกรณ์พื้นฐานของ Amateur packet-radio ก็คือ PAD หรือ TNC ดังนั้น VADCG และ TAPR TNCS ก็คือ Microprocessor และ HDLC ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงาน ซึ่ง Microprocessor ก็คือ สมองของ TNC ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมให้อุปกรณ์อื่น ๆ ทำงานกันอย่างสอดคล้องกับซอฟท์แวร์ของ packet-radio protocol ซึ่งถูกเก็บไว้ใน read-only memory หรือ ROM ของ TNC

HDLC ก็คือหัวใจของ TNC ซึ่งกำหนดรูปแบบของข้อมูลจาก Microprocessor ลงในเฟรมที่จะทำการส่งออกไปในอากาศ และดึงข้อมูลจากเฟรมของข้อมูลที่ได้รับสำหรับส่งต่อให้กับ Microprocessor เพื่อทำงานรวบรวมข้อมูล ชิพภายใน HDLC จะทำการคำนวณ FCS เมื่อ frame ที่ถูกรวบรวมเตรียมไว้สำหรับส่งออกไป และทำการคำนวณขึ้นมาใหม่สำหรับแต่ละ frame ที่รับได้จากอากาศ เพื่อตรวจสอบว่าความสมบูรณ์ในการรวบรวมสมองและหัวใจของ TNC มีการเชื่อมโยงการติดต่อของ terminal สำหรับถ่ายทอดข้อมูลและคำสั่งระหว่าง TNC กับ Terminal แบ่งออกเป็นชนิดก็คือ การเชื่อมโยงแบบอนุกรม (Serial interface) ซึ่งจะถูกกำหนดให้ใช้กับ RS-232C TNC บางตัวมีการเชื่อมโยงแบบขนาน (parallel interface) หรือ TTL interface

หน่วยความจำ (Memory) ซึ่งประกอบอยู่ใน TNC ก็คือ ROM ซึ่งเป็นแบบ Erasable programable ROM (EPROM) ซึ่งเป็นหน่วยความจำแบบถาวร ซึ่งเก็บไว้ในซอฟท์แวร์ของ packet-radio protocol ส่วน Random access memory (RAM) จะเก็บไว้สำหรับเก็บข้อมูลไว้ชั่วคราว (frame ที่จะทำการส่ง, frame ที่รับได้และระบบอื่นที่จำเป็น) Nonvola-lite RAM (NVRAM, NV-RAM หรือ NOVRAM) หรือ battery-backed RAM (bbRAM) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ของ TNC ซึ่งเปลี่ยนแปลงได้โดยผู้ใช้ RAM บางตัวจะเก็บข้อมูลไว้หลังจากที่ TNC ถูกปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 Modulator-Demodulator(Modems)

ในการส่งข้อมูลออกไปโดยใช้วิทยุรับ-ส่งเป็นเส้นทางในการส่งผ่านข้อมูลนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ "โมเด็ม" ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญมากชิ้นหนึ่งต่อระบบทั้งหมด

เนื่องจากวิทยุรับ-ส่งได้ถูกออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้เป็นตัวกลางในการส่งสัญญาณเสียง ซึ่งเสียงพูดโดยมาตรฐานแล้วกำหนดให้อยู่ในช่วง 0 Hz ถึง 4 kHz (กิโลเฮิรตซ์) แต่ในทางปฏิบัติช่วงความถี่จะอยู่ระหว่างความถี่ 300 ถึง 3500 Hz เท่านั้นเอง ในการส่งสัญญาณผ่านวิทยุรับ-ส่งสัญญาณนี้จะยิ่งสูงขึ้นเป็นลำดับ ดังนั้นถ้าหากส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์โดยอัตราเร็วของการส่งข้อมูลมีความเร็วสูงมาก และส่งผ่านวิทยุรับ-ส่งไปยังคอมพิวเตอร์ปลายทางซึ่งอยู่ในระยะห่างออกไปไกลๆ แล้วความผิดเพี้ยนจะยิ่งสูงขึ้นมาก จนข้อมูลที่รับได้ที่คอมพิวเตอร์ปลายทางผิดไปจากที่ส่งมา ด้วยเหตุนี้เอง ความจำเป็นในการใช้โมเด็มเพื่อมาแก้ไขข้อบกพร่องของระบบดังกล่าวจึงเกิดขึ้น

ก่อนอื่นจะขอพูดถึงศัพท์เทคนิคคำว่า โมดูเลท (Modulate) และดีโมดูเลท (Demodulate) เสียก่อน เพื่อที่จะเข้าใจการทำงานของโมเด็มได้ต่อไป

โมดูเลท

คือขบวนการอย่างหนึ่งที่นำเอาคลื่นความถี่สูงค่าหนึ่งที่เรียกว่า สัญญาณพาหะ (Carier Signal) เข้าไปรวมกับคลื่นความถี่เสียง ซึ่งจะทำให้เกิดความถี่ใหม่ขึ้นอีกสองค่า เช่น สมมติให้สัญญาณพาหะมีความถี่เป็น F_1 และความถี่เสียงเป็น F_2 เมื่อผ่านขบวนการโมดูเลเตอร์แล้ว ความถี่ที่เกิดขึ้นจะเป็น $F_1 + F_2$, $F_1 - F_2$ และ F_1 อีกค่าหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดแถบความถี่เรียกว่า Upper Side Band และ Lower side band ขึ้นมา

โดยทั่วไปขบวนการโมดูเลทของสัญญาณอนาล็อกจะมีเทคนิคอยู่ 3 แบบคือ

1. แอมปลิจูดโมดูเลชั่น (Amplitude Modulation) หรือแบบ AM.
2. ฟรีเควนซี่โมดูเลชั่น (Frequence Modulation) หรือแบบ FM.
3. เฟสโมดูเลชั่น (Phase Modulation) หรือแบบ PM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเฉพาะแบบ AM. และ FM. จะเป็นที่คุ้นเคยที่สุดในชีวิตประจำวันก็คือ การส่งสัญญาณของสถานีวิทยุกระจายเสียงต่างๆ นั่นเอง สำหรับรายละเอียดของเทคนิคทั้ง 3 แบบ จะกล่าวถึงโดยละเอียดในภายหลัง

ดีโมดูเลท (Demodualte)

เป็นขบวนการที่ทำงานตรงข้ามกับขบวนการโมดูเลทคือ ทำการแยกเอาสัญญาณพาหนะออกซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณของข้อมูลอย่างแท้จริงเพียงอย่างเดียว

จุดประสงค์สำคัญที่จำเป็นต้องมีการโมดูเลทสัญญาณความถี่เสียงนี้ก็เพื่อทำให้สามารถส่งไปได้ในระยะทางไกลๆ โดยเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณน้อยที่สุด

ต่อไปนี้จะขอกล่าวถึงการโมดูเลทสัญญาณดิจิตอล ซึ่งมีเพียง 2 ระดับเท่านั้นคือ 0 กับ 1 โดยทั่วไปเทคนิคที่ใช้มีอยู่หลายแบบด้วยกันคือ

1. ฟรีเคานซี่ชิฟคีย์อิ้ง (Frequency Shift Keying : FSK)
2. เฟสชิฟคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK)
3. แอมปลิจูดชิฟคีย์อิ้ง (Amplitude Shift Keying)

สำหรับรายละเอียดของแต่ละวิธีกล่าวถึงในภายหลัง

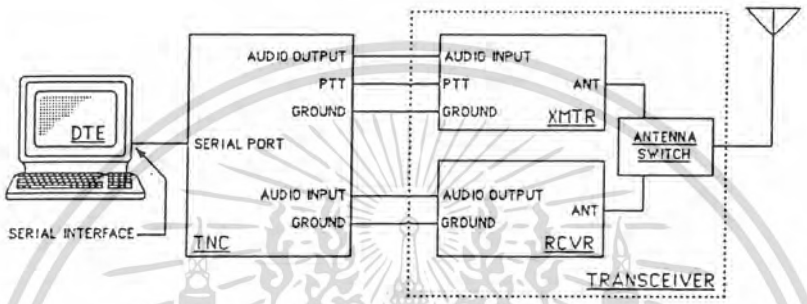
ถึงตอนนี้เราก็สามารถเข้าใจหลักการสำคัญๆ ที่ใช้ในโมเด็มแล้วว่ามีอะไรบ้าง

โมเด็ม เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ร่วมระหว่างขบวนการโมดูเลท และดีโมดูเลท (Modulate/DEModulate)นั่งเองซึ่งบางทีก็อาจจะเรียกว่าเป็น"ตัวแปลงสัญญาณ" (Signal Converter) ก็ได้ โดยเป็นอุปกรณ์ที่ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ส่งออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นสัญญาณเสียง (Voice Signal) เพื่อส่งผ่านไปวิทยุรับ-ส่งได้ โดยต้องผ่านขบวนการโมดูเลทก่อน

ส่วนทางคอมพิวเตอร์ด้านรับก็จะมีการต่ออุปกรณ์โมเด็มคั่นไว้ เมื่อโมเด็มด้านรับๆ สัญญาณเสียงเข้ามา ก็จะทำการแปลงสัญญาณเสียงให้กลับไปเป็นสัญญาณดิจิตอล (โดยใช้ขบวนการดีโมดูเลท) ก่อนที่จะส่งผ่านไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป ในการส่งผ่านสัญญาณระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์รอบข้าง เช่นเครื่องพิมพ์ที่ตั้งอยู่ในระยะไกลออกไปก็จำเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะต้องส่งสัญญาณผ่านเข้าไปในวิทยุรับ-ส่งในรูปของสัญญาณอนาล็อก และเมื่อส่งถึงด้านรับก็จะแปลงกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอลเหมือนเดิม



รูปที่ 5 แสดงการเชื่อมต่อของโมเด็มในระบบสื่อสารข้อมูล

ในระบบที่นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสื่อสารข้อมูลนั้น เราทราบแล้วว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะมีพอร์ท (Port) หรือช่องทางการรับ/ส่งข้อมูล ดังนั้นคอมพิวเตอร์ต้นทางก็จะส่งข้อมูลผ่านพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบอนุกรม (Serial I/O Port) ออกไป ซึ่งพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทแบบอนุกรมนี้จะต่อเข้ากับจุดเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232C ต่อเข้ากับสายเคเบิลผ่านไปยังโมเด็มเมื่อสัญญาณในแบบอนุกรมเข้ามายังโมเด็ม ก็จะถูกโมดูเลทให้อยู่ในลักษณะของสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งผ่านเข้าไปในสายวิทยุรับ-ส่ง เมื่อถึงด้านรับโมเด็มทางด้านรับก็จะทำการ ดีโมดูเลทสัญญาณอนาล็อก แล้วเปลี่ยนกลับมาเป็นสัญญาณดิจิตอล พร้อมที่จะส่งเข้าไปยังเทอร์มินัลต่างๆต่อไปได้ ในลักษณะองค์ประกอบที่จะทำให้ระบบทั้งหมดปฏิบัติงานได้ถูกต้อง พร้อมเพรียงกัน ก็จะต้องมีซอฟท์แวร์ควบคุมระบบ (System) ที่สอดคล้องกันทั้งทางด้านส่งและรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 การแบ่งชนิดของโมเด็มตามลักษณะการทำงาน

ในกรณีนี้จะยึดเอาความเร็วของการส่งข้อมูลและเทคนิคของการโมดูเลทเป็นหลักถ้าพูดถึงความเร็วของข้อมูลที่ส่งเรามักจะต้องเข้าใจถึงอัตราการส่งข้อมูลในลักษณะบิทต่อวินาที (bPS: bit per second) และอัตราโบด (Band Rate) โดยที่

อัตราโบด หมายถึง หน่วยของอัตราการส่งสัญญาณดิจิตอลที่แทนข่าวสารข้อมูล คิดต่อ 1 วินาที

บิทต่อวินาที หมายถึง จำนวนของเลขไบนารี (ประกอบด้วย 0 กับ 1) ที่แทนข้อมูลซึ่งถูกส่งออกไปใน 1 วินาที

เช่น ในกรณีที่ส่งข้อมูลออกไปโดยให้ 1 เวิร์ด มีขนาดเป็น 1 บิท และส่งข้อมูลออกไป 1 บิท/วินาที (bPS) ในลักษณะเช่นนี้ก็ถือได้ว่าอัตราโบดมีค่าเท่ากับ 16 โบด แต่ถ้าหากว่ามีการใช้เทคนิคที่เพิ่มจำนวนบิทที่ส่งต่อวินาที เช่น อาจจะมีการรวมเอา 2 บิท มาไว้เข้าเป็นบิทๆ เดียวในลักษณะนี้จำนวนบิทข้อมูลที่ส่งออกไปจะเป็น 2 บิท/วินาที คือมีความเร็วสูงขึ้น ดังนั้นอัตราโบดจึงมีค่าเป็น 8 โบดเท่านั้น

ดังนั้นจึงควรจะทำความเข้าใจความหมายของคำทั้งสองคำนี้ให้ถูกต้อง

2.8.2 การแบ่งชนิดของโมเด็มตามวิธีการส่งผ่านข้อมูล

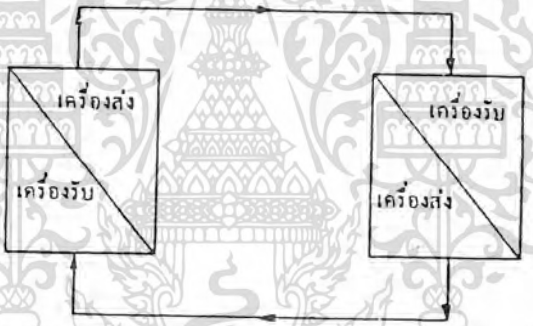
ในกรณีที่เราจะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบที่จะนำเอาโมเด็มไปต่อเข้าดังตัวกลางการส่งผ่านข้อมูล (Communication Lines) ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น

1. แบบซิมเพล็กซ์ (Simplex) : เป็นการส่งแบบที่เทอร์มินัลแต่ละด้านจะเป็นเฉพาะตัวส่งหรือตัวรับอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น เช่น ระบบสื่อสารวิทยุและทีวี เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

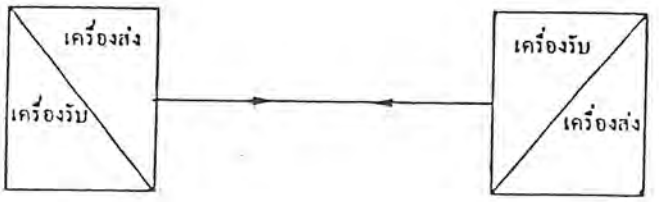
รูปที่ 6 แสดงการส่งข้อมูลแบบซิมเพล็กซ์

2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Halfduplex) : วิธีนี้จะมีวิธีสลับทิศทางการไหลของข้อมูลให้กลับทิศทางกันได้ โดยใช้อุปกรณ์ปลายสายที่พัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถทั้งรับและส่งได้ แต่มีข้อแม้ว่าส่ง/ตัวรับจะทำงานพร้อมกันไม่ได้ในเครื่องเดียวกัน นั่นคือถ้าด้านหนึ่งเป็นเครื่องส่งอีกด้านหนึ่งจะต้องเป็นเครื่องรับ ดังรูป



รูปที่ 7 การส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์

3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (Fullduplex) : วิธีนี้เป็นวิธีที่สมบูรณ์ที่สุดคือ ทั้งทางด้านส่งสามารถจะทำการส่งและรับข้อมูลพร้อม ๆ กันได้ในเวลาเดียวกัน เช่น ระบบโทรศัพท์ ดังรูป



รูปที่ 8 การส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การแบ่งชนิดของโมเด็มตามอัตราส่งข้อมูล

1. อัตราการส่งข้อมูลต่ำ (Low-speed)

   มีอัตราการส่งข้อมูลไม่เกิน 600 bps

2. อัตราการส่งข้อมูลปานกลาง (Medium-speed)

   มีอัตราการส่งข้อมูลระหว่างกัน 1200 ถึง 9600 bps

3. อัตราการส่งข้อมูลสูง (High-speed)

   มีอัตราการส่งข้อมูลมากกว่า 9600 bps

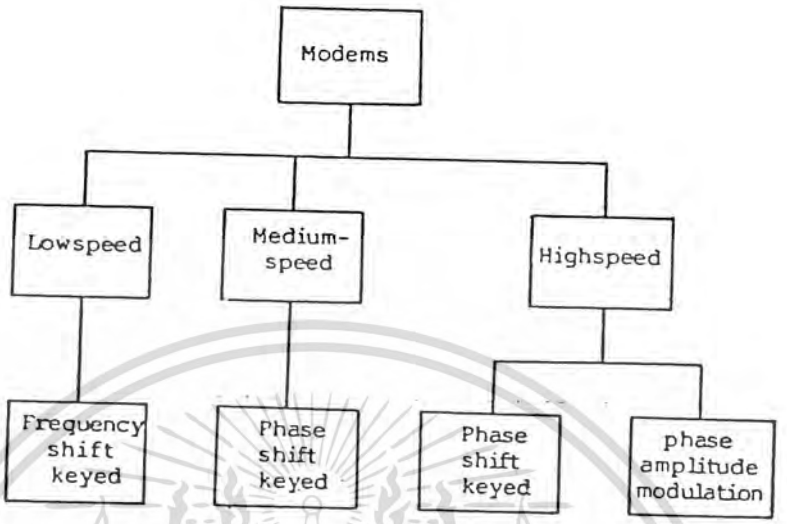
ซึ่งในปัจจุบันโมเด็มที่มีจำหน่ายในตลาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จะอยู่ใน 3 ชนิดนี้แต่ในอนาคตอันใกล้นี้เครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมีแนวโน้มที่จะต้องมีโมเด็มประกอบมาในเครื่องอย่างเรียบร้อยแล้ว ซึ่งเรียกว่าเป็น Built In.Modem นั่นเอง และในการพัฒนาขึ้นต่อไปก็คือ โมเด็มที่ประกอบกับเครื่องคอมพิวเตอร์จะสามารถปรับอัตราเร็วกว่าการส่งข้อมูลได้อีกด้วย ซึ่งเรียกว่า Speed Select built in Modem ในการพัฒนารูปแบบดังกล่าวนี้คงจะมีใช้ในอนาคตอันใกล้นี้

2.8.4 การแบ่งชนิดของโมเด็มตามเทคนิคการโมดูเลท

1. เฟสชิฟคีย์อิ้ง (Phase Shift Keying : PSK)
2. ฟรีเควนซี่ชิฟคีย์อิ้ง (Frequency Shift Keying : FSK)
3. เฟสแอมปลิจูดโมดูเลชั่น (Phase Amplitude Modulation:PAM)

สำหรับวิธีการโมดูเลทยังมีเทคนิคอื่นๆ อีกหลายแบบ แต่ค่อนข้างจะใช้กันน้อยตามการแบ่งโดยลักษณะต่างๆ อาจจะสรุปเป็นไดอะแกรมได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 การแบ่งชนิดของโมเด็ม

2.8.5 **เทคนิคการโมดูเลชั่น**

การกำหนดความถี่ของด้านผู้เรียกกับผู้ตอบรับ

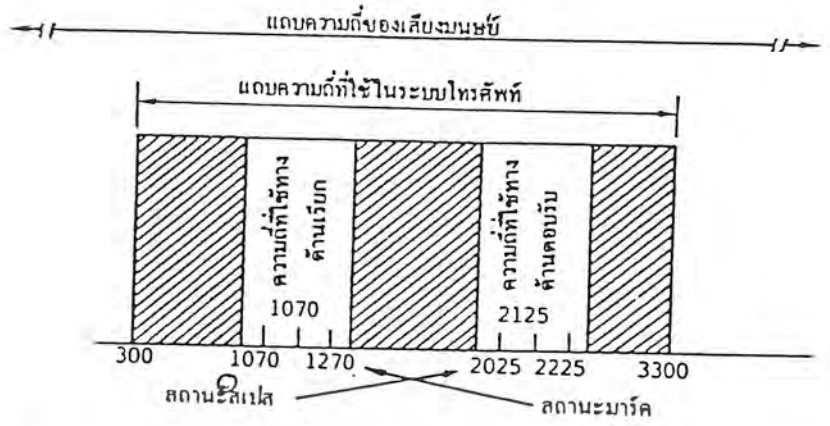
จากข้างต้นเราได้กล่าวถึงแล้วว่า สัญญาณดิจิตอลประกอบด้วยสัญญาณ 2 สถานะคือ 0 กับ 1 ดังนั้นระดับโวเลจหนึ่งแทน 0 อีกระดับโวลเตจหนึ่งก็จะแทนด้วย 1 เช่นกัน จึงได้มีการกำหนดความถี่ของสัญญาณเพื่อใช้แทนระดับโวลเตจของทางด้านผู้เรียกกับผู้ตอบรับ ซึ่งต้องใช้ต่างๆ กัน 2 ความถี่เพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนของสัญญาณ (ในกรณีที่มีการสื่อสารแบบฮาฟดูเพล็กซ์) โดยทางด้านส่งจะต้องใช้ความถี่ของสัญญาณ 2 ค่า เพื่อแทนโวลเตจระดับ 1 กับระดับ 0 และทางด้านรับก็เช่นเดียวกัน ในกรณีของ Bell-103 ได้มีการกำหนดความถี่ของสัญญาณที่ใช้ไว้ดังนี้คือ

ความถี่ 1070 Hz แทนลอจิก 0

ความถี่ 1270 Hz แทนลอจิก 1

โดยแสดงเป็นแถบความถี่ได้ดังรูป

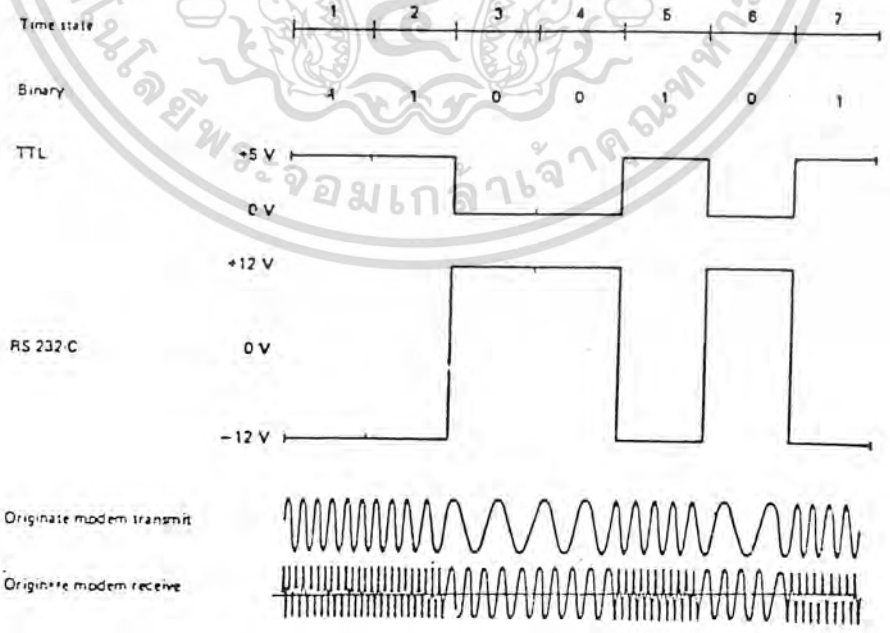
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงแบนด์ของความถี่ที่กำหนดให้ใช้ในโมเด็มชนิด Bell-103

จากรูปจะเห็นว่า ความถี่ที่ระบุมานั้นจะต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างโมเด็มทางด้านส่ง (Originate modem) ที่ทำการส่งสัญญาณด้วยความถี่ๆ หนึ่ง ส่วนโมเด็มทางด้านรับ (Answer Modem) ก็จะรับสัญญาณความถี่ค่านั้นเข้ามาแล้วตอบกลับไปด้วยสัญญาณที่ความถี่อีกค่าหนึ่ง ซึ่งเทคนิคในการนำสัญญาณดิจิตอลมาโมดูเลทเข้ากับสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งผ่านตัวนำออกไปเราเรียกว่า เทคนิคของ FSK หรือ Frequency Shift Keying

Frequencey Shift Keying (FSK)



รูปที่ 11 แสดงสัญญาณที่เกิดจากการส่งอักษร S ด้วยเทคนิคการโมดูเลท (รวมถึงวิธี FSK ด้วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป แสดงให้เห็นว่าเทคนิค FSK นำมาใช้ในการส่งสัญญาณดิจิตอลได้อย่างไร ในกรณีนี้สมมติว่าเราต้องการจะส่งอักษร S ออกไป ในรหัสแอสกี (ASCII) แทนตัวอักษร S ด้วยเลข 53H หรือ 53 ในฐานสิบหก หรือในฐานสองแทนด้วย 1010011 นั่นเอง ดังนั้นในบรรทัดแรกแสดงถึงสถานะเวลา(Time State) ของสัญญาณดิจิตอลที่แทนเลข 1010011 ขนาด 7 บิท ตามมาตรฐานของรหัสแอสกี และส่งออกไปแบบอนุกรม

ในบรรทัดต่อมาแสดงถึงสัญญาณดิจิตอลที่แทนรหัสฐานสอง 1010011 โดยมีบิทต่ำสุด (Least Significant Bit:LSB) อยู่ทางซ้ายมือ

ในบรรทัดที่ 3 แสดงถึงสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จาก TTL (Transistor Transistor Logic) เพราะอุปกรณ์จำพวก TTL ใช้กับระดับไฟที่ 5 โวลต์ กับ 0 โวลต์ ดังนั้นจึงแทนลอจิก 1 ด้วยระดับไฟ 5 โวลต์ และลอจิก 0 ด้วยระดับไฟ 0 โวลต์

ในบรรทัดที่ 4 แสดงถึงสัญญาณที่ต่อผ่านพอร์ท RS-232-C ออกมาโดยใช้กับไฟระดับ +12 โวลต์ และ -12 โวลต์ ดังนั้นจึงแทนลอจิก 0 ด้วยระดับไฟ +12 โวลต์ และลอจิก 1 ด้วย ระดับไฟ -12 โวลต์

สำหรับในสองบรรทัดสุดท้ายแสดงถึงสัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทด้วยเทคนิค FSK ซึ่งส่งผ่านระหว่างโมเด็ม จะสังเกตเห็นว่าในกรณีของเทคนิค FSK นี้ ถ้าระดับลอจิกของสัญญาณมีค่าเป็น 1 ความถี่ของสัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทจะสูงขึ้น และถ้าระดับลอจิกของสัญญาณมีค่าเป็น 0 ความถี่ก็จะลดลง ในรูปนี้ความถี่กำหนดเพียงคร่าวๆ เท่านั้น จากที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณที่ส่ง/รับใน OriginateModem นั้นจะต่างกันในกรณี Originate Modem จะส่งสัญญาณ 2 บิทแรกที่มีระดับลอจิกเป็น 1 ออกไปด้วยความถี่ของสัญญาณที่ผ่านการโมดูเลทแล้วเท่ากับ 1270 Hz ส่วนในบิทที่ 3 และ 4 แทนลอจิก 0 จะส่งออกไปด้วยความถี่ 1070 Hz และในบิทที่ 5 และ 7 ก็จะถูกส่งออกไปด้วยความถี่ 1270 Hz ส่วนในบิทที่ 6 ก็จะถูกส่งด้วยความถี่ 1070 Hz ตามลำดับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเทคนิคของ FSK ก็คือเทคนิคในการโมดูเลทสัญญาณดิจิตอลด้วยวิธีฟรีเควนซี่โมดูเลชั่น (FM) นั่นเอง

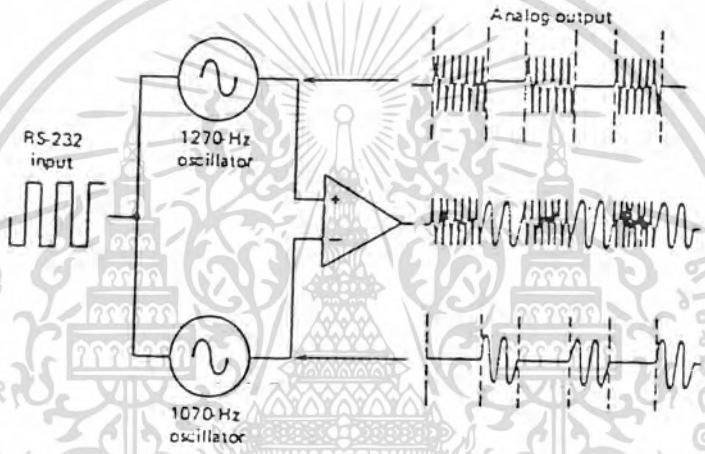
แต่ในสถานะที่ Originating Modem ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้ามา ความถี่ของสัญญาณที่แทนลอจิก 4 คือในบิทที่ 1,2,5 และบิทที่ 7 จะถูกโมดูเลทส่งออกมาด้วยความถี่ 1270 Hz ส่วนในบิทที่ 3,4 และบิทที่6 จะถูกโมดูเลส่งออกมาด้วยความถี่ 1070 Hz ซึ่งจุดสำคัญก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้องกันการรบกวนกันระหว่างสัญญาณจาก Orignating และ Answering ในสายส่งนั่นเอง

2.8.6 โมเด็มทรานสมิทเตอร์

เมื่อเราเข้าเทคนิคการทำงานและลักษณะอย่างคร่าวๆ ของวิธี FSK แล้ว ต่อไปนี้เราจะกล่าวถึงหลักการในสร้างสัญญาณเหล่านี้ว่าโมเด็มสร้างสัญญาณเหล่านี้ขึ้นมาได้อย่างไร



รูปที่ 12 โครงสร้างในการกำเนิดสัญญาณ FSK

จากรูปจะเห็นว่าในโมเด็มจะประกอบไปด้วยออสซิลเลเตอร์ที่กำเนิดสัญญาณพาหะ (carrier) ด้วยความถี่ 1270 Hz และ 1070 Hz โดยที่ออสซิลเลเตอร์ตัวบนจะทำงานเมื่อสัญญาณที่เข้ามามีระดับโวลเตจเกิน 5 โวลต์ ส่วนออสซิลเลเตอร์ตัวล่างจะทำงาน และตัวบนจะหยุดทำงานเมื่อระดับโวลเตจของสัญญาณที่เข้ามาเกินกว่า +5 โวลต์ เมื่อรับเอาท์พุทที่ออกจากพอร์ท RS-232-C เข้ามายังอินพุทของออสซิลเลเตอร์ ก็จะสามารถทำให้ออสซิลเลเตอร์ทั้งสองตัวทำงานได้ดังนี้

เมื่อสัญญาณที่ผ่านพอร์ท RS-232-C เข้ามามีระดับโวลเตจเท่ากับ -12 โวลต์ ออสซิสเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1270 Hz ก็จะทำงานแต่ออสซิสเตอร์ที่ผลิตสัญญาณพาหะความถี่ 1070 Hz ทางด้านโมเด็มทรานสมิตเตอร์ก็จะแทนลอจิก 1 นั่นเอง ดังนั้นจากรูปที่ 12

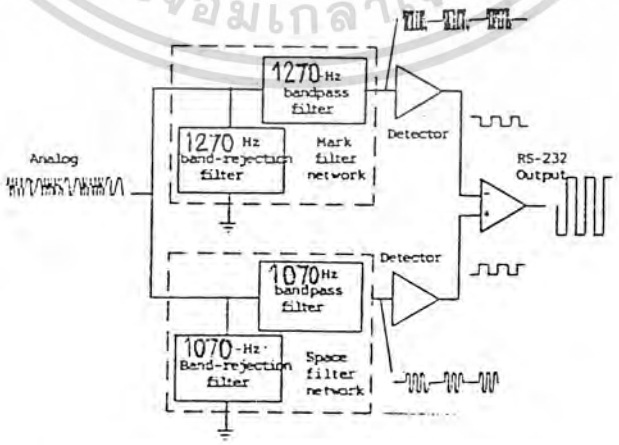
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะแสดงถึงการแปลงสัญญาณจากพอร์ท RS-232-C ที่แทนลอจิก 1 ไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่แทนลอจิก 1 เช่นกัน

สำหรับในกรณีที่สัญญาณข้อมูลที่จะส่งมีระดับโวลเตจเป็น +12 โวลต์ ออสซิลเลเตอร์ที่ผลิตความถี่ 1070 Hz ก็จะทำงานแทน และทำการผลิตสัญญาณที่แทนลอจิก 0 ออกมา หลังจากนั้นจึงทำการรวมสัญญาณเอาท์พุทจากออสซิลเลเตอร์ทั้งสองตัวเข้าด้วยกัน โดยท่านเข้าไปยังอินพุทของอ็อปแอม (Operational Amplifier) ก็จะทำให้ได้สัญญาณที่เอาท์พุทเป็นสัญญาณโมดูเลททันที จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณข้อมูลก็ยังมีลอจิกเป็น 1 หรือ 0 เช่นเดิม แต่เปลี่ยนรูปแบบจากระดับโวลเตจไปอยู่ในรูปของความถี่แทน คือถ้าเป็นลอจิก 1 ก็จะมีความถี่ของสัญญาณเป็น 1270 Hz และถ้าเป็นลอจิก 0 จะมีความถี่เป็น 1070 Hz

2.8.7 โมเด็มรีซีฟเวอร์ (Modem Receiver)

เมื่อสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมเด็มทางด้านส่งผ่านขบวนการโมดูเลทแล้ว เมื่อมาถึงโมเด็มทางด้านรับ สัญญาณเหล่านี้ก็จะผ่านขบวนการดีโมดูเลทแยกเอาสัญญาณพาหะออกจากสัญญาณข้อมูลแล้วผ่านสัญญาณข้อมูลไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 13 โครงสร้างการทำงานของโมเด็มรีซีฟเวอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะแสดงถึงวิธีการในการแปลงสัญญาณอนาล็อก(ที่ส่งผ่านสายวิทยุรับ-ส่งเข้ามา) กลับไปเป็นสัญญาณที่จะส่งต่อผ่านเข้าไปยังพอร์ท RS-232-C ต่อไป เราทราบแล้วว่าโมเด็มทางด้านรับจะแทนสัญญาณลอจิก 1 ด้วยความถี่ 1270 Hz และแทนสัญญาณลอจิก 0 ด้วยความถี่ 1070 Hz ดังนั้นในรูปที่ 13 ข้างต้น จึงได้แสดงถึงบล็อกไดอะแกรมของวงจรในโมเด็มทางด้านรับจะเห็นว่าสัญญาณที่ส่งผ่านสายวิทยุรับ-ส่งแล้วต่อเข้าที่อินพุทของโมเด็มนั้นเป็นสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่สองความถี่ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการแยกความถี่ของสัญญาณนี้ออกจากกันก่อนโดยผ่านวงจรฟิลเตอร์ (Filter) สองวงจร ซึ่งหน้าที่ของวงจรฟิลเตอร์หรือวงจรกรองความถี่นี้ก็คือทำการแยกสัญญาณที่ประกอบด้วยความถี่หลายๆ ค่าออกจากกัน แล้วส่งต่อไปยังส่วนของวงจรที่ทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่นั้นเพียงค่าเดียวต่อไป

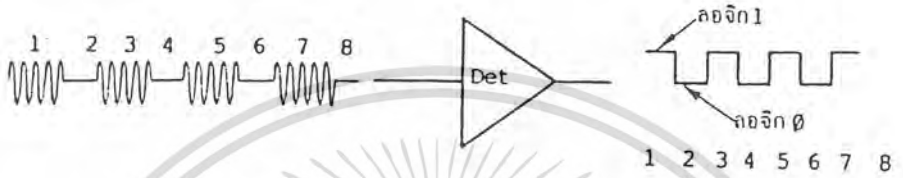
จากรูป วงจรส่วนประกอบด้วยวงจรฟิลเตอร์สองวงจรแยกกัน โดยทำการกรองเอาความถี่ค่าอื่นๆ ออกไป ยกเว้นสัญญาณความถี่ 1270 Hz และแถบความถี่แคบๆ ที่ใกล้เคียงกับ 1270 Hz ไว้ ซึ่งหน้าที่ของแบนด์รีเจคชั่นฟิลเตอร์ก็คือลักษณะเป็นตัวต้านทานต่อสัญญาณความถี่ 2225 Hz ซึ่งหมายความว่าสัญญาณที่รับเข้ามานั้นถ้ามีความถี่เป็นค่าอื่นๆ นอกจาก 1270 Hz แล้ว ก็จะผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้แล้วไหลลงจุดกราวน์ไป (เอาท์พุทของแบนด์รีเจคชั่นฟิลเตอร์ จะต่อลงจุดกราวน์บางทีจึงเรียกว่า Notch Filter) ส่วนสัญญาณความถี่ 1270 Hz ซึ่งผ่านฟิลเตอร์ส่วนนี้ไม่ได้ก็จะผ่านเข้าไปยังแบนด์พาสฟิลเตอร์ (Bandpass Filter) ต่อไป ซึ่งการทำงานของแบนด์พาสฟิลเตอร์นี้ก็คือ จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ 1270 Hz เท่านั้นที่ผ่านไปได้ ส่วนสัญญาณความถี่อื่นก็จะถูกกรองเอาไว้ ดังนั้นวงจรฟิลเตอร์ส่วนบนก็มีการทำงานเพื่อต้องการกรองเอาสัญญาณความถี่ 1270 Hz ไปผ่านออกที่เอาท์พุทของแบนด์พาสฟิลเตอร์นั่นเอง

ส่วนในกลุ่มวงจรฟิลเตอร์ฟิลเตอร์ส่วนล่างนั้นก็มีการทำงานในลักษณะที่คล้ายคลึงกันแต่ต่างกันที่มีการทำงานตอบสนองต่อสัญญาณความถี่เป็น 1070 Hz ไว้แล้วปล่อยให้สัญญาณความถี่ 1070 Hz ไปผ่านออกที่เอาท์พุทของแบนด์พาสฟิลเตอร์

เมื่อได้กรองเอาความถี่ที่ต้องการคือ ความถี่ 1270 Hz (ซึ่งแทนลอจิก 1) และความถี่ 1070 Hz (แทนลอจิก 0) ได้แล้ว ก็จะต่อเอาท์พุทของฟิลเตอร์แบนด์พาสแต่ละตัวเข้ากับวงจรอีก ส่วนหนึ่งซึ่งเรียกว่า "ดีเทคเตอร์" (Detector) หน้าที่ของวงจรดีเทคเตอร์ก็คือการทำดีโมดูเลทสัญญาณ เพื่อแยกเอาสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลออกจากกัน แล้วจึงผ่านเอา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณข้อมูลไปใช้ จากในวงจรรูปที่ 13 เมื่อมีสัญญาณรูปไซน์ (Sine wave) ผ่านเข้าไปยังวงจรดีเทคเตอร์ ก็จะสร้างระดับแรงดันเอาท์พุทเป็นบวกออกมา แต่ในขณะที่ไม่มีสัญญาณไซน์ป้อนเข้ามา ระดับแรงดันเอาท์พุทของดีเทคเตอร์ก็จะมีค่าเป็นศูนย์ นั่นคือการทำงานดังรูป



รูปที่ 14 การทำงานของดีเทคเตอร์

ซึ่งจะหมายความว่าที่ช่วงสัญญาณ 1,3,5 และ 7 ซึ่งมีความถี่ของสัญญาณไซน์เป็น 1270 Hz เมื่อผ่านวงจรดีเทคเตอร์ออกมาก็จะมีระดับลอจิก 1 ส่วนในช่วงสัญญาณ 2,4,6 และ 8 เมื่อผ่านดีเทคเตอร์ออกมาจะมีระดับลอจิกเป็น 0 จากรูปที่ 13 เราจะสังเกตเห็นว่าดีเทคเตอร์แต่ละตัวมีการทำงานเพื่อสร้างสัญญาณดิจิตอลโดยมีเฟสของสัญญาณต่างกันคือ วงจรดีเทคเตอร์ตัวบนจะสร้างสัญญาณลอจิก 1 ออกมาก็เมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ Mark หรือลอจิก 1 หรือมีความถี่ 1270 Hz แต่วงจรดีเทคเตอร์ตัวล่างจะสร้างสัญญาณลอจิก 1 ออกมาก็ต่อเมื่อสัญญาณไซน์ที่อินพุทแทนสถานะ Space หรือลอจิก 0 หรือความถี่ 1070 Hz เป็นต้น

ในส่วนของวงจรภาคต่อไปก็จะเป็นการรวมเอาสัญญาณดิจิตอลจากเอาท์พุทของดีเทคเตอร์เข้าด้วยกันโดยใช้ออปแอมป์ (Operational Amplifier) ซึ่งหน้าที่ของออปแอมป์หรือ op-Amp นี้ก็คือทำการรวมสัญญาณดิจิตอลจากสองแหล่งเข้าด้วยกัน แล้วเปลี่ยนสัญญาณให้อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐานที่สามารถส่งผ่านพอร์ท RS-232C (+12 โวลต์) ซึ่งวิธีการในการเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวนี้ก็โดยการต่อเอาท์พุทของสเปส (Space) ดีเทคเตอร์ (หรือดีเทคเตอร์ตัวล่าง) เข้ากับขา + หรือขานอนอินเวิทติ้ง (Non inverting) ของ op-Amp และต่อเอาท์พุทของมาร์ค (mark) ดีเทคเตอร์ (ดีเทคเตอร์ตัวบน) เข้ากับขาอินเวิทติ้ง หรือขาลบของ op-Amp ซึ่ง op-Amp จะสร้างสัญญาณ (ดีเทคเตอร์ตัวบน) เข้ากับขาอินเวิทติ้ง หรือขาลงของ op-Amp

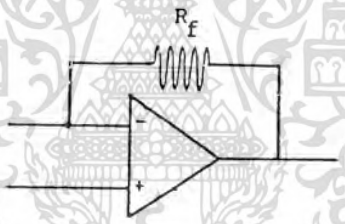
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง op-Amp จะสร้างสัญญาณเอาท์พุทขึ้นมาโดย

. เมื่อเอาท์พุทของสเปสดีเทคเตอร์ แอคทีฟ, op-Amp จะสร้างระดับแรงดันค่า + ขึ้นที่เอาท์พุท

. เมื่อเอาท์พุทของมาร์คดีเทคเตอร์ แอคทีฟ, op-Amp จะสร้างระดับแรงดันค่า - ขึ้นที่เอาท์พุท

นอกจากนี้อาจจะมีการใช้เทคนิคการฟีดแบ็ค (Feedback) โดยต่อตัวต้านทางฟีดแบ็คเข้าขานอนอินเวิทติ้งของ op-Amp เพื่อทำให้การปรับเกน (Gain) ของระบบดีขึ้น สามารถสร้างสัญญาณระดับแรงดันจากยอดถึงยอด (peak to peak) เท่ากับ 24 โวลต์ (จาก -12 ถึง +12 โวลต์) ได้ดังรูปซึ่งมีผลถึงการต่อสัญญาณข้อมูลไปใช้ส่งผ่านพอร์ท RS-232C ได้ดีขึ้น



รูปที่ 15 การต่อต้านทานฟีดแบ็ค

2.9 การติดตั้ง Packet-radio

การติดตั้ง Amateur packet-radio สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

อุปกรณ์ terminal, อุปกรณ์ Packet-radio และอุปกรณ์ radio อุปกรณ์ terminal เป็นการติดต่อกันโดยตรงกับผู้ใช้ ซึ่งประกอบด้วย Keyboard และ terminal displays ซึ่งแสดงข้อมูลสำหรับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ Packet-radio จะทำหน้าที่ packet assembly และ disassembly และ Modulation และ Demodulation ซึ่งจะสัมพันธ์กัน อุปกรณ์ Packet radio อาจประกอบด้วย Modem ซึ่งแยกออกมาจาก PAD หรืออาจจะเป็น TNC ซึ่งรวมเอา PAD และ Modem เข้าด้วยกัน

อุปกรณ์ Radio ทำหน้าที่ส่งและรับ Packet ซึ่งรวมอยู่ใน transceiver (หรือแยกเป็นเครื่องส่งและเครื่องรับ)และยังมีสายอากาศและอุปกรณ์ร่วมอื่นๆ (amplifier,preamplifier, tuner, สายนำสัญญาณ)

2.10 อุปกรณ์ Terminal ซึ่งใช้ติดต่อกับผู้ใช้

Terminal คือ อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบสำหรับจุดประสงค์ในการติดต่อกับ Computer Terminal โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วย Video display, Keyboard และ Serial interface(EIA-RS-232-C/EIA-232-D ซึ่งใช้แทนกันได้) ชนิดของ terminal บางครั้งเรียกว่า Video-Display Terminal หรือ VDT

สำหรับการประยุกต์ใช้งาน Packet-radio จะใช้ Software ในการติดต่อสื่อสารข้อมูล ตัวอย่างเช่น คำสั่งสำหรับลบหน้าจอ, เคลื่อนย้าย Cursor ดังนั้น Software ควรที่จะสามารถทำงานได้ที่อัตราส่วนของข้อมูลที่สอดคล้องกับ Serial port ของอุปกรณ์ packet-radio ที่ใช้อยู่ นอกจากนี้ Software ควรจะสามารถเก็บข้อมูลที่รับได้ไว้ในหน่วยความจำหรือเก็บไว้ใน tape หรือ disk

เมื่อก่อน Software ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารข้อมูลออกแบบมาใช้สำหรับการทำงานของ telephone-line modems ซึ่งใช้กับ Packet-radio (TNCS) ไม่ได้ ดังนั้น Programs จึงเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งมีประโยชน์สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านสายโทรศัพท์ แต่ใช้ไม่ได้กับการทำงานของ packet-radio

อย่างไรก็ตาม Software ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารจะถูกออกแบบมาใช้สำหรับ packet-radio โดยเฉพาะ โดยสามารถใช้กับ computer ซึ่งนิยมใช้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 อุปกรณ์ RF และการต่อเข้ากับ Radio

อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับ Packet-radio มีเป็นจำนวนมาก บางชนิดเป็นอุปกรณ์ซึ่งเกี่ยวข้องกับ Packet-radio เพียงเล็กน้อย

สิ่งแรกที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ Radio ก็คือ receive-to-transmit หรือ transmit-to-receive หรือที่เรียกว่า turnaround times คือ จำนวนของเวลาที่ให้กับเครื่องส่งในการเปลี่ยนจากการส่งเป็นการรับ หลังจากกด Switch เพื่อทำการส่งและรับเกิดขึ้น TNC สามารถเปลี่ยนจากตำแหน่งส่งและรับได้รวดเร็วมาก ซึ่งความเร็วนี้ทำให้มันจะต้องรอคอยอุปกรณ์ RF ก่อนที่มันจะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับ Tucson Amateur Packet Radio (TAPR) amateur radio ส่วนใหญ่จะมี receive-to-transmit และ transmit-to-receive turnaround times ระหว่าง 150 และ 400 วินาที (ms) ซึ่งจะรวดเร็วมากในการลดจำนวนของข้อมูลที่สามารถส่ง ดังนั้น อะไรคือเวลาที่ล่าช้าไป ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายในการทำให้การติดต่อสื่อสารมีความเร็วขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อความยาวของเวลาที่ล่าช้า ได้แก่ physical switching ที่แท้จริงของสายอากาศ, ภายในเครื่องรับ-ส่งหรือภายนอกของเครื่องส่งและเครื่องรับที่แยกกัน ซึ่งมีผลต่อ turnaround time เครื่องรับ-ส่งรุ่นเก่าๆ ส่วนใหญ่ใช้การ Switching การทำงานโดย Relay ถ้าเป็นแบบเครื่องส่งและเครื่องรับแยกจากกัน จะใช้สายอากาศตัวเดียว ถ้าหากใช้ external power amplifier และหรือ preamplifier ทางด้านรับจะมี machanical switching เข้ามาเกี่ยวข้องเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์รุ่นใหม่ประสบผลสำเร็จในการทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ มีความเร็วเพิ่มขึ้น แต่การปรับปรุงอาจทำได้โดยใช้วงจรที่ใช้การสังเคราะห์ความถี่ (frequency synthesizer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางด้าน RF รุ่นใหม่ หลังจากการ Swithching ระหว่างตำแหน่งส่งและรับ เครื่องสังเคราะห์ความถี่ต้องการเวลาเล็กน้อยในการ lock ความถี่ ก่อนที่จะส่งหรือรับ ซึ่งเครื่องรุ่นเก่าไม่สามารถใช้การสังเคราะห์ความถี่และทำให้เกิดการล่าช้าของเวลาขึ้น อุปกรณ์รุ่นใหม่ๆ จะถูกออกแบบให้ใช้กับ Packet-radio สำหรับใช้กับ Packet-radio

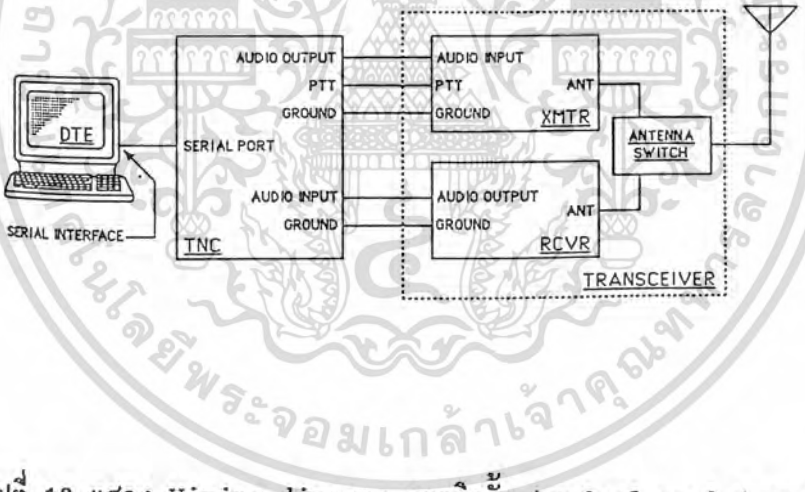
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาอื่นๆ ที่เสนอโดย TAPR ก็คือ การเชื่อมโยงระหว่าง Modem กับ Radio ซึ่ง

Radio ส่วนใหญ่จะใช้กับ Packet-radio ซึ่งขึ้นอยู่กับ audio response filters และ audio levels intended สำหรับไมโครคอมโฟนและลำโพง ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณที่ไม่ต้องการในการส่งออกไปคือเกิดเสียงรบกวนและเสียงฮัม (hum) ขึ้น ซึ่งทำให้การทำงานของ packet-radio ลดขีดความสามารถลงไป จึงจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงอุปกรณ์ Radio

2.12 การต่ออุปกรณ์ Packet-radio เข้าด้วยกัน

เริ่มแรกจะต้องต่อ TNCS เข้ากับอุปกรณ์ terminal และอุปกรณ์ RF ดังแสดงในรูปที่ 16 ซึ่งเป็นการต่ออุปกรณ์แต่ละชนิดเข้าด้วยกัน



รูปที่ 16 แสดง Wiring diagram การติดตั้ง typical packet-radio

2.13 การต่อ TNC เข้ากับ terminal

ส่วนใหญ่ TNCS จะถูกออกแบบให้ต่อกับอุปกรณ์ terminal โดยใช้ Serial port ซึ่งจะใช้กับมาตรฐาน EIA-RS-232-C หรือ EIA-232-D มีขนาด 25 ขา แบบ D-type การต่อจะเป็นการเชื่อมโยงทาง physical กับ TNC เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานอุตสาหกรรม DTE จะมี connector แบบตัวผู้และ DCE จะมี connector แบบตัวเมีย DTE คือ Terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ Computer ส่วน DCE คือ TNC นั่นเอง

รายละเอียดของสัญญาณ EIA RS-232-C/EIA-232-D ซึ่งเกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบ Packet-radio มีดังนี้คือ

ขา 2 Teansmitted Data ข้อความจาก DTE ซึ่งเตียมไว้สำหรับส่งออกไปโดย DCE (TNC) โดยใช้ตัวกลางในการติดต่อสื่อสารซึ่งก็คือ อุปกรณ์ Radio Frequency (RF)

ขา 3 Received Data ข้อความจาก DCE (TNC) ซึ่งได้รับจากตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร (RF) และผ่านการ demodulate โดย DCE (TNC) แล้ว

ขา 4 Request To Send เป็นการแจ้งให้ DCE (TNC) ทราบว่า DTE มีข้อมูลที่ต้องการจะส่ง โดยให้ DCE (TNC) เตรียมรับข้อมูล

ขา 5 Clear To Send เป็นการแจ้งให้ DTE ทราบว่า DCE (TNC) พร้อมที่จะรับข้อมูล ซึ่งสัญญาณนี้จะส่งไปเพื่อตอบสนองความต้องการที่จะส่งสัญญาณของ DTE

ขา6 DCE Ready เป็นการแจ้งให้ DTE ทราบว่า DCE (TNC) เตรียมพร้อมแล้ว สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูล

ขา 7 Signal Ground เป็นขากราวด์ เพื่อเป็นการอ้างอิง สำหรับสัญญาณอื่นๆ ที่ต่อเชื่อมโยงถึงกัน

ขา 8 Received Line Signal Detector เรียกง่ายๆ คือ Data Carrier Detect หรือ Just Carrier Detect เป็นการแจ้งให้ DTE ทราบว่า DCE (TNC) ได้รับสัญญาณพาหะ "Suitable" โดยทางตัวกลางที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร (RF)

ขา 20 DTE Ready เป็นการแจ้งให้ DCE (TNC) ทราบว่า DTE เตรียมพร้อมแล้ว สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูล

สัญญาณต่อไปนี้จะเป็นการตรวจสอบกับระบบอื่น ในการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้อมูล ซึ่งประกอบส่วนต่างๆ ดังนี้ คือ

1) เมื่อเปิด TNC (DCE) จะส่งสัญญาณ DCE READY ไปยัง DTE

2) เมื่อ DTE พร้อมที่จะรับข้อมูลจะส่งสัญญาณ DTE READY ไปยัง TNC (DCE) พร้อมกันนี้ TNC จะส่ง RECEIVED DATA ไปยัง DTE ถ้ามีข้อมูลที่จะส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เมื่อ TNC (DCE)พร้อมที่จะรับข้อมูลจาก DTE จะส่งสัญญาณ CLEAR TO SEND ไปยัง DTE พร้อมกันนี้ DTE จะส่งสัญญาณ TRANSMITTED DATA ไปยัง TNC (DCE) ถ้ามีข้อมูลที่จะส่ง

2.14 การต่อ TNC เข้ากับ Radio

Audio Output ของ TNC จะถูกต่อเข้ากับ Audio Input ของ Transmitter หรือ Transceiver ซึ่ง Audio Input ของอุปกรณ์ Radio ก็คือ Microphone connector แต่บางครั้ง Transceivers มีการแยก Audio Input สำหรับ AFSK (Audio Frequency Shift Keying)tone ถ้าทำการต่อได้จะใช้ได้ดีกว่าการต่อแบบ Microphone Input เพราะว่าจะไม่มีการติดต่อกับอุปกรณ์ packet-radio เมื่อต้องการใช้อุปกรณ์ Radio ในตำแหน่งที่ต้องการใช้เสียง

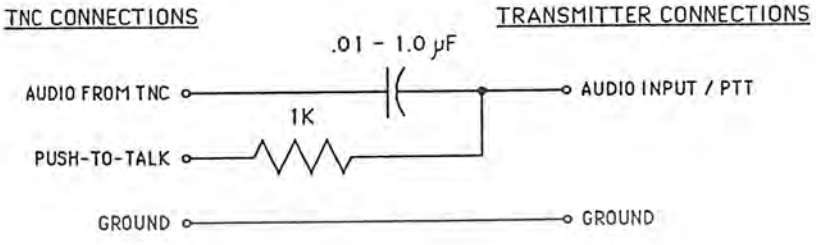
Put-to-Talk (PTT) จาก TNC จะถูกต่อเข้ากับ PTT ของ Transmitter หรือ Transceiver PTT อาจจะใช้ Microphone connector ของ Radio แทนก็ได้

Audio Output ของ Receiver หรือ Transceiver จะถูกต่อเข้ากับ Input ของ TNC Audio Output ของ Radio ก็คือ ลำโพง หรือหูฟัง

ในการต่อจำเป็นจะต้องต่อกราวด์ระหว่าง TNC และ Transceiver (หรือ Transmitter และ Receiver) ด้วย

บางครั้ง Transmitters หรือ transceivers อาจเป็นแบบมือถือ ซึ่งในระบบ VHF หรือ UHF ใช้การต่อแบบธรรมดา สำหรับ Audio Input และ PTT การต่อแบบง่ายๆ โดย Audio Output ของ TNC และสาย PTT ซึ่งต่อแบบธรรมดาเข้ากับ Radio จะไม่ทำงาน จะต้องใช้ Capacitor และ Resistor ต่อเข้าด้วย ดังแสดงในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17 แสดง Wiring diagram ระหว่าง TNC กับ Transceiver สำหรับการส่ง ซึ่งใช้สายนำสัญญาณธรรมดาในการต่อ PTT และ audio input

เพื่อเป็นการป้องกันการรบกวนจากสัญญาณ RFI (Radio Frequency Inter ference) จะต้องทำการชิลด์สายที่ใช้งานทั้งหมดถ้าไม่มีการชิลด์เพื่อป้องกัน RFI สาย Cables จาก TNC กับ Radio ควรจะต้องพันอยู่บนแกน Toroid ด้วย ถ้ายังไม่สามารถแก้ปัญหาการรบกวนจากสัญญาณ RRI ได้ ให้พยายามใช้วิธีอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ AX.25 Link-Layer Protocol

3.1 ขอบเขตและฟิลด์ของการทำงาน

เพื่อให้อุปกรณ์ทางกลสามารถขนส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ปลายทาง 2 ตัว ที่ส่งสัญญาณถึงกันได้ ความจำเป็นในการกำหนดโพรโตคอลให้เป็นที่ยอมรับและส่งข้อมูลหลายๆ ชนิดของการติดต่อสื่อสาร AX.25 Link-Layer Protocol จึงถูกออกแบบมาเพื่อให้บริการนี้

โพรโตคอลนี้ทำตามข้อเสนอของ ISO ที่ 3309, 4335 (ประกอบด้วย DAD 1 และ 2) และ 6256 การควบคุมการเชื่อมโยงข้อมูลระดับสูง (HDLC)

โพรโตคอลต่อไปนี้จะเป็นหลักเบื้องต้นซึ่งรับรองโดย CCITT X.25 ยกเว้นการขยาย Address Field และเพิ่ม Unnumbered Information (UI) Frame เช่นเดียวกับหลักเบื้องต้นต่อไปนี้ของข้อเสนอแนะ CCITT ที่ Q.921 (LAPD) ซึ่งใช้ในการเชื่อมโยงหลายทางทำให้แตกต่างกันโดย Address Field ซึ่งใช้ร่วมกันในช่วงสัญญาณเดียว

ตามข้อกำหนดโพรโตคอลนี้จะทำงานได้ดีเท่ากันทั้งฮาล์ฟ และฟูลดูเพล็กซ์ ซึ่งใช้ในกิจการวิทยุสมัครเล่น

โพรโตคอลนี้ถูกออกแบบให้ทำงานได้ดีเท่ากันสำหรับการต่อโดยตรงระหว่างสถานี Packet-Radio สมัครเล่น 2 สถานี หรือเฉพาะสถานีและเป็นตัวควบคุมแบบหลายจุด

โพรโตคอลนี้ ยอมให้ติดต่อได้มากกว่า 1 Link-Layer ต่ออุปกรณ์หนึ่งตัวถ้าอุปกรณ์มีขีดความสามารถที่กระทำได้

โพรโตคอลนี้ไม่ได้ห้ามการติดต่อด้วยตนเอง การติดต่อด้วยตนเองเป็นสิ่งที่น่าสนใจเมื่ออุปกรณ์สามารถสร้างการเชื่อมโยงด้วยตัวของมันเองโดยใช้แอดเดรสของมันเองสำหรับทั้งต้นทางและปลายทางของเฟรม

Link-Layer Protocols ส่วนใหญ่กำหนดให้อุปกรณ์ตัวที่หนึ่ง (โดยทั่วไปเรียกว่า DCE หรือ Data Circuit-Terminating-Equipment) ถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์ปลายทางอีกตัวหนึ่งหรือมากกว่า (โดยทั่วไปเรียกว่า DTE หรือ Data-Terminating Equipment) ซึ่งเป็นชนิดการทำงานแบบไม่สมดุลย์ ซึ่งไม่นิยมปฏิบัติกันในการแลกเปลี่ยนสัญญาณวิทยุสำหรับวิทยุสมัคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เล่น AX.25 กำหนดให้ปลายทางทั้งสองของการเชื่อมโยงเป็นชนิดเดียวกัน

ด้วยเหตุนี้จึงต้องจำกัดความแตกต่างของอุปกรณ์ทั้งสองชนิด DXE ที่ใช้ในรายละเอียดของโพรโตคอลนี้เป็นลักษณะชนิดสมดุลย์ของอุปกรณ์ซึ่งหาได้ใน Packet-Radio สมัครเล่น

3.2 โครงสร้างของเฟรม

การส่ง Link-Layer Packet Radio คือบล็อกเล็กๆ ของข้อมูลที่ส่งออกไปเรียกว่าเฟรม แต่ละเฟรมถูกสร้างขึ้นจากกลุ่มเล็กๆ หลายกลุ่มเรียกว่า ฟิลด์ รูปที่ 18 แสดงเฟรมพื้นฐาน 3 ชนิด ซึ่งบิทแรกที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ทางด้านซ้าย

บิทแรกที่ส่งออกไป

แฟลก	แอดเดรส	คอนโทรล	FCS	แฟลก
01111110	112/560 บิท	8 บิท	16 บิท	01111110

รูปที่ 18A โครงสร้างของ U และ S เฟรม

บิทแรกที่ส่งออกไป

แฟลก	แอดเดรส	คอนโทรล	PID	Info.	FCS	แฟลก
01111110	112/560 บิท	8 บิท	8 บิท	N*8 บิท	16 บิท	01111110

รูปที่ 18B โครงสร้างของ I เฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละฟิลด์ถูกสร้างขึ้นโดยจำนวนเต็มของ Octets (หรือไบท์) และสามารถอธิบายแต่ละฟังก์ชั่นได้ดังนี้

3.2.1 แฟลกฟิลด์ (Flag Field)

แฟลกฟิลด์มีความยาว 1 octet ดังนั้นแฟลกจะถูกใช้ในการแบ่งเขตของเฟรม ซึ่งเกิดขึ้นทั้งเริ่มต้นและสิ้นสุดแต่ละเฟรมสองเฟรมอาจจะใช้แฟลกร่วมกัน 1 แฟลก แฟลกนี้จะใช้แสดงจุดสิ้นสุดของเฟรมแรกและจุดเริ่มต้นของเฟรมต่อไป แฟลกประกอบด้วยเลขศูนย์และตามด้วยเลขหนึ่งหกตัวตามด้วยเลขศูนย์อีกหนึ่งตัว หรือ 01111110 (7E เลขฐาน 16) ซึ่งเป็นผลของการสอดแทรกบิท (bit stuffing) ซึ่งลำดับนี้จะไม่ยอมให้เกิดขึ้นบริเวณอื่นภายในเฟรมที่สมบูรณ์

3.2.2 แอดเดรสฟิลด์ (Address Field)

แอดเดรสฟิลด์ใช้เพื่อระบุทั้งเฟรมต้นทางและเฟรมปลายทางการรวมกันของแอดเดรสฟิลด์ประกอบด้วยคำสั่งและการตอบสนองข่าวสารและอำนวยความสะดวกสำหรับการทำงานของรีพีสเตอร์ระดับ 2

รายละเอียดการเข้ารหัสของแอดเดรสฟิลด์จะแสดงในหัวข้อต่อไป

3.2.3 คอนโทรลฟิลด์ (Control Field)

คอนโทรลฟิลด์ ใช้เพื่อระบุชนิดของเฟรมที่จะผ่านและควบคุมคุณสมบัติหลายประการของการติดต่อระดับ 2 คอนโทรลฟิลด์มีความยาว 1 octet การเข้ารหัสจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.2.4 PID ฟิลด์

Protocol Identified (PID) ฟิลด์จะปรากฏในเฟรมข่าวสาร (I และ UI) เท่านั้น ซึ่งเป็นเอกสักษณ์ว่าเป็นชนิดอะไรของโพรโตคอลระดับ 3 ถ้าชนิดใดๆ ถูกใช้งาน

PID จะไม่ได้ประกอบขึ้นคล้ายกับส่วนของเฟรมข่าวสารซึ่งนับเป็น octet การเข้ารหัสของ PID แสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M S B	L S B	
yy01yyyy		ส่วนสนับสนุน AX.25 ชั้นที่ 3
yy10yyyy		ส่วนสนับสนุน AX.25 ชั้นที่ 3
11001100		ส่วนสนับสนุน Internet Protocal Datagram ชั้นที่ 3
11001101		ส่วนสนับสนุน Address Resolution Protocol ชั้นที่ 3
11110000		มีส่วนสนับสนุนชั้นที่ 3
11111111		ตัวอักษรที่ออกไป

เมื่อ y แสดงว่าใช้ร่วมกันทั้งหมด

3.2.5 อินฟอร์เมชั่นฟิลด์ (Information Field)

ฟิลด์ข่าวสารใช้เพื่อรับส่งข้อมูลจากผู้ใช้จากปลายทางด้านหนึ่งของการเชื่อมโยงไปยังอีกด้านหนึ่ง I ฟิลด์จะถูกกำหนดให้อยู่ในเฟรม 3 ชนิดเท่านั้นคือ I เฟรม, UI เฟรม, FRMR เฟรม I ฟิลด์ สามารถเพิ่มความยาวได้ถึง 256 octets และประกอบด้วยจำนวนเต็มของ octets ซึ่งบังคับให้ใช้ก่อนที่จะใส่บิทศูนย์ ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไป ข่าวสารใดๆ ที่อยู่ใน I ฟิลด์ จะผ่านไปตามการเชื่อมโยงยกเว้นสำหรับการใส่บิทศูนย์ ซึ่งจำเป็นต้องป้องกันแฟลกจากเหตุบังเอิญซึ่งปรากฏขึ้นใน I ฟิลด์

3.2.6 การสอดแทรกบิท (Bit Stuffing)

เพื่อให้แน่ใจว่าลำดับบิทของแฟลกจะไม่เกิดเหตุบังเอิญใดๆ ในเฟรม สถานีที่กำลังส่งจะตรวจสอบลำดับบิทสำหรับกลุ่มของบิทหนึ่งที่อยู่ติดกัน 5 บิท หรือมากกว่า เมื่อใดก็ตามที่บิทหนึ่งที่อยู่ติดกัน 5 บิท ถูกส่งออกไปโดยสถานีที่กำลังส่งจะใส่บิทศูนย์เข้าไปหลังบิทหนึ่งที่อยู่ติดกัน 5 บิท ระหว่างที่รับเฟรมอยู่นั้น เมื่อใดที่ได้รับบิทหนึ่งติดกัน 5 บิท บิทศูนย์ซึ่งอยู่หลังบิทหนึ่งที่อยู่ติดกัน 5 บิท จะถูกตัดทิ้งไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 การตรวจสอบลำดับเฟรม (Frame-Check Sequence)

การตรวจสอบลำดับเฟรม (FCS) คือเลข 16 บิท ซึ่งคำนวณโดยทั้งของผู้ส่งและผู้รับเฟรม ใช้เพื่อรับประกันว่าเฟรมจะไม่เกิดการผิดพลาดโดยตัวกลางที่ใช้ ซึ่งเมื่อผู้รับได้รับเฟรมจากผู้ส่งมันจะคำนวณให้สอดคล้องกับข้อเสนอของ ISO 3309 (HDLC)

3.2.8 ลำดับของบิทที่ส่งออกไป (Order of Bit Transmission)

ข้อยกเว้นของ FCS ฟิลด์ก็คือฟิลด์ทั้งหมดของเฟรม AX.25 จะส่งบิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด(LSB)ของแต่ละ octet ออกไปก่อน ส่วน FCS จะส่งบิทที่มีนัยสำคัญสูงสุด(MSB)ออกไปก่อน

3.2.9 เฟรมที่ไม่ถูกต้อง (Invalid Frames)

เฟรมใดๆ ซึ่งประกอบด้วยบิทน้อยกว่า 136 บิท (ประกอบด้วยแฟลกเปิดและแฟลกปิด) โดยไม่จำกัดขอบเขตด้วยแฟลกเปิดและแฟลกปิดหรือไม่ใช่ octet Aligned (จำนวนเต็มของ octet) จะถูกพิจารณาว่าเป็นเฟรมที่ไม่ถูกต้องโดย Link-Layer ดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.2.10 การเกิดเฟรมก่อนกำหนด (Frame Abort)

ถ้าเฟรมมีความจำเป็นจะต้องเกิดก่อนกำหนดจะมีเลขหนึ่งติดต่อกันอย่างน้อย 15 ตัวที่ถูกส่งออกไปไม่รวมกับบิทที่ถูกสอดแทรก

3.2.11 การใส่เวลาในอินเตอร์เฟรม (Interframe Time Fill)

เมื่อใดก็ตามที่มีความจำเป็นสำหรับ DXE เพื่อป้องกันเครื่องส่งในขณะที่ไม่ได้ส่งเฟรมที่แท้จริง ระยะเวลาระหว่างเฟรมควรจะใส่เข้ากับแฟลกที่อยู่ติดกัน

3.2.12 การเข้ารหัสแอดเดรสฟิลด์ (Address-Field Encoding)

แอดเดรสฟิลด์ของทุกเฟรมควรจะเข้ารหัสด้วยสัญญาณเรียกขานของนักวิทยุสมัครเล่นทั้งปลายทางและต้นทางสำหรับเฟรม ยกเว้นสำหรับ Secondary Station Identifier (SSID) แอดเดรสฟิลด์ควรจะกำหนดให้ใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ของตัวอักษรและตัวเลขในรหัส ASCII เท่านั้น ถ้าใช้รีพีสเตอร์สมัครเล่นระดับ 2 สัญญาณเรียกขานทั้งหลายควรเหมือนกับในแอดเดรสฟิลด์

แอดเดรสฟิลด์ของ HDLC จะถูกขยายออกไป 1 octet โดยการกำหนดให้บิทที่มีนัยสำคัญต่ำสุด(LSB)ของแต่ละ octet เพื่อเป็น "การขยายบิท" การขยายบิทของแต่ละ octet คือการเซ็ทให้เป็นศูนย์เพื่อแสดง octet ต่อไป ส่วนใหญ่ประกอบด้วยที่อยู่ของข่าวสารหรือเซ็ทให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

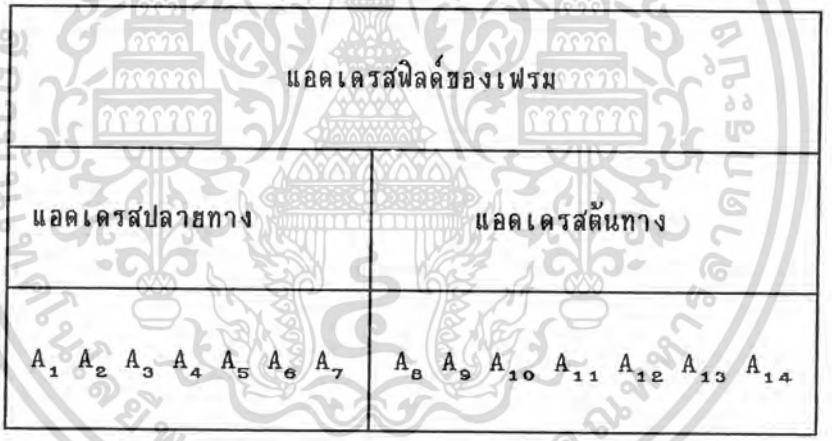
เป็นหนึ่งเพื่อแสดงว่าคือ octet สุดท้ายของแอดเดรสฟิลด์ HDLC ช่วงที่สร้างขึ้นสำหรับการขยายบิทนี้สัญญาณเรียกขานของนักวิทยุสมัครเล่นจะถูกเลื่อนไปทางซ้ายหนึ่งบิท

3.2.12.1 การเข้ารหัสแอดเดรสฟิลด์แบบไม่ใช้รีพีสเตอร์

(Nonrepeater Address-Field Encoding)

ถ้าจะไม่ใช้รีพีสเตอร์ระดับ 2 แอดเดรสฟิลด์จะเข้ารหัสดังแสดงในรูปที่ 19 ที่อยู่ปลายทางคือสัญญาณเรียกขานและ SSID ของสถานีวิทยุสมัครเล่นซึ่งเป็นเฟรมซึ่งถูกกำหนดแอดเดรสขณะที่แอดเดรสต้นทางประกอบด้วยสัญญาณเรียกขานสมัครเล่นและ SSID ของสถานีที่ส่งเฟรมออกไป สัญญาณเรียกขานนี้คือสัญญาณเรียกขานของปลายทางทั้งสองด้านของการเชื่อมโยงแบบ AX.25 ระดับ 2 เท่านั้น

octet แรกที่ส่งออกไป



รูปที่ 19 การเข้ารหัสแอดเดรสฟิลด์แบบไม่ใช้รีพีสเตอร์

A_1 ถึง A_{14} คือ 14 octets ซึ่งสร้างขึ้นจากฟิลด์ย่อย 2 ฟิลด์ของแอดเดรสฟิลด์ แอดเดรสย่อยปลายทางคือความยาว 7 octets (A_1 ถึง A_7) และถูกส่งออกไปก่อน ลำดับของแอดเดรสนี้ทำให้ผู้รับระยะเวลาของเฟรมถูกกำหนดตำแหน่งใช้แล้ว ในขณะที่จะรับเฟรมที่เหลือแอดเดรสฟิลด์ย่อยต้นทางจะถูกส่งออกไปตั้งแต่ octets ที่ A8 ถึง A14 ฟิลด์ย่อยทั้งสองนี้จะถูกเข้ารหัสในความหมายเดียวกันยกเว้นว่า octet สุดท้ายของแอดเดรสฟิลด์จะมีการขยายบิทแอดเดรสของ HDLC ออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

octet ทั้งหลายที่ปลายของตำแหน่งฟิลด์ย่อยซึ่งบรรจุ SSID ฟิลด์ย่อยของ SSID จะกำหนดผู้ที่ทำหน้าที่นักวิทยุสมัครเล่นซึ่งมีสถานี Packct-Radio มากกว่า 1 สถานี ซึ่งทำหน้าที่โดยใช้สัญญาณเรียกขานซึ่งคล้ายกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์เมื่อนักวิทยุสมัครเล่นต้องการใส่เข้ารีพีสเตอร์รวมกับสถานีปกติ ตัวอย่างเช่นบิท C และบิท H (ดูหัวข้อต่อไป) จะถูกบรรจุอยู่ใน octet นี้ เช่นเดียวกับ 2 บิทที่สำรองไว้ใช้ในอนาคต รูปที่ 20 แสดงชนิดของเฟรม AX.25 ในการทำงานแบบไม่ใช้รีพีสเตอร์

Octet	ASCII	Bin.Data	Hex Data
Flag		01111110	7E
A1	K	10010110	96
A2	8	01110000	70
A3	M	10011010	9A
A4	M	10011010	9A
A5	O	10011110	9E
A6	space	01000000	40
A7	SSID	11100000	E0
A8	W	10101110	AE
A9	B	10000100	84
A10	4	01101000	68
A11	J	10010100	94
A12	F	10001100	8C
A13	I	10010010	92
A14	SSID	01100001	61
Control	I	00111110	3E
PID	none	11110000	F0
FCS	part 1	XXXXXXXX	HH
FCS	part 2	XXXXXXXX	HH
Flag		01111110	7E
Bit position		76543210	

รูปที่ 20 เฟรม AX.25 แบบไม่ใช้รีพีสเตอร์

3.2.12.1.1 การเข้ารหัสฟิลด์ย่อยปลายทาง (Destination-Subfield Encoding)

รูปที่ 21 แสดงสัญญาณเรียกขานซึ่งก็คือตำแหน่งในแอดเดรสฟิลด์ย่อยปลายทางซึ่งเกิดขึ้นใน octets A_1-A_7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Octet	ASCII	Bin.Data	Hex Data
A1	W	10101110	AE
A2	B	10000100	84
A3	4	01101000	68
A4	J	10010100	94
A5	F	10001100	8C
A6	I	10010010	92
A7	SSID	CRRSSID0	

Bit Position--> 76543210

รูปที่ 21 การเข้ารหัสฟิลด์ย่อยปลายทาง

เมื่อ :

1. octet บนสุด (A_1) คือ octet แรกที่ส่งออกไปด้วยบิท 0 ของแต่ละ octet จะเป็นบิทแรกที่ส่งออกไป และบิท 7 จะเป็นบิทสุดท้ายที่ส่งออกไป
2. บิทแรก (บิท 0) ของแต่ละ octet คือบิทที่แอดเดรสของ HDLC ถูกขยายออกไป ซึ่งจะถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ทั้งหมดแต่ octet สุดท้ายในแอดเดรสฟิลด์จะถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง
3. บิทที่มีเครื่องหมาย "R" คือบิทสำรองซึ่งอาจใช้ในความหมายที่ตกลงกันในแต่ละเนทเวิร์ค เมื่อไม่ใช้บิท R ควรจะถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง
4. บิทที่มีเครื่องหมาย "C" จะใช้เช่นเดียวกับบิทคำสั่งและการตอบสนองของเฟรม AX.25
5. ตัวอักษรของสัญญาณเรียกขานควรจะเป็นมาตรฐาน 7 บิท ในรหัส ASCII (ตัวพิมพ์ใหญ่เท่านั้น) ตำแหน่งซ้ายสุดใน 7 บิทของ octet จะทำเป็นช่องสำหรับแอดเดรสการขยายบิทถ้าสัญญาณเรียกขานประกอบด้วยตัวอักษรน้อยกว่า 6 ตัว ควรจะทำให้เต็มด้วยช่องว่าง (spaces) ในรหัส ASCII ระหว่างอักษรตัวสุดท้ายของสัญญาณเรียกขานและ SSID octet
6. SSID ที่มีค่า 0000 จะสำรองใช้สำหรับสถานี AX.25 สถานีแรกซึ่งการสร้างนี้เป็นมาตราฐานหนึ่งของ SSID สำหรับสถานี "ปกติ" ที่ใช้เป็นสถานีแรก

2.12.1.2 การเข้ารหัสแอดเดรสรีพิสเตอร์ระดับ 2 (Level 2 Repeater-Address Encoding)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเฟรมตลอดทั้งรีพีสเตอร์ระดับ 2 ของ Packet สำหรับนักวิทยุสมัครเล่นมีการรวมแอดเดรสฟิลด์ย่อยๆที่เพิ่มถึงจุดสุดท้ายของแอดเดรสฟิลด์ ฟิลด์ย่อยที่รวมเข้าด้วยกันนี้จะบรรจุสัญญาณเรียกขานของรีพีสเตอร์ที่ใช้ซึ่งกำหนดใช้มากกว่า 1 รีพีสเตอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนความถี่วิทยุภายในช่องสัญญาณซึ่งมีลักษณะเหมือนกันถ้าฟิลด์ย่อยนี้ยังคงอยู่ octet สุดท้ายของฟิลด์ย่อยต้นทางจะมีบิทขยายแอดเดรสถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์แสดงให้เห็นว่าแอดเดรสฟิลด์มีข้อมูลมากตามไปด้วย ฟิลด์ย่อยแอดเดรสรีพีสเตอร์จะเข้ารหัสในความหมายที่เหมือนกันกับฟิลด์ย่อยแอดเดรสต้นทางและปลายทาง ยกเว้นสำหรับบิทที่มีนัยสำคัญสูงใน octet สุดท้ายซึ่งเรียกว่าบิท "H" บิท Hจะใช้เพื่อแสดงว่ามีความต้องการส่งเฟรมซ้ำหรือไม่

เพื่อทำให้บางวิธีของการแสดงผลเมื่อไม่ต้องการส่งเฟรมซ้ำบิท H จะถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ตลอดทั้งเฟรมนี้ไปยังรีพีสเตอร์จะเซ็ทให้บิท H เป็นหนึ่งเมื่อเฟรมถูกส่งซ้ำ สถานีควรจะตรวจสอบบิท H และยกเลิกเฟรมใดๆ ที่ไปยังรีพีสเตอร์ (Uplink เฟรม) ในขณะที่มีการทำงานตลอดรีพีสเตอร์ รูปที่ 22 แสดงการเข้ารหัสฟิลด์ย่อยแอดเดรสรีพีสเตอร์ รูป 23 คือตัวอย่างเฟรมที่สมบูรณ์หลังจากผ่านรีพีสเตอร์แล้ว

Octet	ASCII	Bin.Data	Hex Data
A15	W	10101110	AE
A16	B	10000100	84
A17	4	01101000	68
A18	J	10010100	94
A19	F	10001100	8C
A20	I	10010010	92
A21	SSID	HRRSSID1	

Bit Order --> 76543210

รูปที่ 22 การเข้ารหัสตำแหน่งรีพีสเตอร์

เมื่อ :

1. octet บนสุด คือ octet แรกที่ส่งออกไปโดยบิท 0 จะส่งออกไปก่อนและบิท 7 ส่งออกไปสุดท้ายของแต่ละ octet
2. บิท 0 ของแต่ละ octet คือบิทการขยายแอดเดรส HDLC ซึ่งเซ็ทให้เป็นศูนย์ทั้งหมด แต่แอดเดรสสุดท้ายของ octet จะถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง
3. บิท "R" จะสำรองไว้เช่นเดียวกันในฟิลด์ย่อยต้นทางและปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. บิท "H" คือบิทที่จะส่งซ้ำ เมื่อใดก็ตามที่ไม่ต้องการส่งเฟรมซ้ำจะถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ และถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งโดยรีพีสเตอร์เมื่อต้องการส่งเฟรมซ้ำ

Octet	ASCII	Bin.Data	Hex Data
Flag		01111110	7E
A1	K	10010110	96
A2	8	01110000	70
A3	M	10011010	9A
A4	M	10011010	9A
A5	O	10011110	9E
A6	space	01000000	40
A7	SSID	11100000	E0
A8	W	10101110	AE
A9	B	10000100	84
A10	4	01101000	68
A11	J	10010100	94
A12	F	10001100	8C
A13	I	10010010	92
A14	SSID	01100000	60
A15	W	10101110	AE
A16	B	10000100	84
A17	4	01101000	68
A18	J	10010100	94
A19	F	10001100	8C
A20	I	10010010	92
A21	SSID	11100011	E3
Control	I	00111110	3F
PID	none	11110000	F0
FCS	part 1	XXXXXXXX	HH
FCS	part 2	XXXXXXXX	HH
Flag		01111110	7E
Bit position		76543210	

รูป 23 เฟรมของ AX.25 ในการทำงานแบบใช้รีพีสเตอร์

เฟรมข้างบนมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 23 ยกเว้นสำหรับการเพิ่มของฟิลด์ย่อยแอดเดรสรีพีสเตอร์ (WB4JFI, SSID = 1) บิทศูนย์จะถูกเซ็ทซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นรูปแบบเอาท์พุทของรีพีสเตอร์

3.2.12.1.3 การทำงานแบบใช้รีพีสเตอร์หลายตัว

Link-Layer AX.25 Protocol กำหนดการทำงานใช้มากกว่า 1 รีพีสเตอร์ เป็นการสร้างทางเด่นของเฟรมโดยใช้อุปกรณ์ทางกล จนถึงสูงสุด 8 รีพีสเตอร์ อาจจะใช้โดยการขยายฟิลด์ย่อยแอดเดรสรีพีสเตอร์ เมื่อมีแอดเดรสรีพีสเตอร์มากกว่าหนึ่งแอดเดรสรีพีสเตอร์จะติดตามฟิลด์ย่อยแอดเดรสต้นทางซึ่งจะพิจารณาแอดเดรสของรีพีสเตอร์แรกของรีพีสเตอร์หลายๆ ตัวแบบลูกโซ่ เช่นเดียวกันตลอดลูกโซ่ของรีพีสเตอร์ รีพีสเตอร์แต่ละตัวที่ต่อเนื่องกัน จะเซ็ทบิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H ใน SSID octet แสดงว่าเฟรมประสบความสำเร็จในการทำซ้ำ ๆ กันโดยตลอดไม่มีสิ่งอื่นเปลี่ยนแปลงในเฟรมที่สร้างขึ้น (ยกเว้นสำหรับกรณีที่จำเป็นต้องคำนวน FCS ใหม่) สถานีปลายทางสามารถหาทางเดินของเฟรมจนถึงระยะทางที่เดินทางไปถึงโดยการพิจารณาจากแอดเดรสฟิลด์

จำนวนของแอดเดรสรีพีสเตอร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้แต่แอดเดรสรีพีสเตอร์สุดท้ายจะมีบิทการขยายแอดเดรสของทุก octet ซึ่งเซ็ทให้เป็นศูนย์เช่นเดียวกันเกือบทั้งหมดแต่ octet สุดท้าย (SSID)

octet ของแอดเดรสรีพีสเตอร์สุดท้ายจะมีบิทขยายแอดเดรสให้เป็นหนึ่ง แสดงให้เห็นว่าเป็นจุดสุดท้ายของแอดเดรสฟิลด์

ควรจะบันทึกเวลาหลายๆ ครั้ง อาจจะมีการปรับให้เหมาะสมโดยการรวมเวลาที่ล่าช้าเข้าไปด้วย เมื่อเฟรมจำเป็นต้องผ่านลูกโซ่ของรีพีสเตอร์หลายตัว และตอบกลับมาโดยเดินทางผ่านเส้นทางเดียวกันก่อนที่จะถึงอุปกรณ์ต้นทาง

ซึ่งคาดว่าการทำงานของรีพีสเตอร์หลายตัว คือวิธีชั่วคราวของการติดต่อกันของสถานีที่มีระยะห่างกันเกินไป จนถึงเวลาซึ่งโพรโตคอล ระดับ 3 ถูกนำมาใช้งาน ถ้าโพรโตคอลระดับ 3 ถูกนำมาใช้งานการทำงานแบบลูกโซ่ของรีซิสเตอร์จะค่อยๆ ถูกยกเลิกไป

3.3 องค์ประกอบของการปฏิบัติ

3.3.1 องค์ประกอบของการปฏิบัติหาได้จากทางของการกระทำซึ่งเกิดขึ้นบนเฟรมที่รับได้

3.3.2 รูปแบบของฟิลด์ควบคุมและการเปลี่ยนแปลงสถานะ

3.3.2.1 รูปแบบของฟิลด์ควบคุม

ฟิลด์ควบคุมเป็นการตอบสนองสำหรับการวิเคราะห์ชนิดของเฟรมที่จะส่งออกไป ใช้สำหรับรับส่งคำสั่งและการตอบสนองจากปลายด้านหนึ่งของการเชื่อมโยงถึงปลายอีกด้านหนึ่งเพื่อรักษาลักษณะการควบคุมการเชื่อมโยง

ฟิลด์ควบคุมที่ใช้ใน AX.25 จะใช้ฟิลด์ควบคุมของ CCITT X.25 สำหรับการทำงานแบบสมดุลย์ (LAPB) โดยการรวมการควบคุมฟิลด์ซึ่งได้รับจาก ADCCP เพื่อกำหนดการติดต่อซึ่งทำงานแบบวงรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปเฟรมของ AX.25 มีด้วยกัน 3 ชนิด คือ Information Frame (I เฟรม) Superrisory Frame (5 เฟรม) และ Unnumbered Frame (U เฟรม) รูปที่ 24 แสดงรูปแบบพื้นฐานของฟิลด์ควบคุมซึ่งสัมพันธ์กับเฟรมทั้ง 3 ชนิด

ชนิดของฟิลด์ควบคุม	บิทของฟิลด์ควบคุม 765 4 3 2 1 0		
I เฟรม	N(R)	P	N(S) 0
S เฟรม	N(R)	P/F	S S 0 1
U เฟรม	MMM	P/F	M M 1 1

รูปที่ 24 รูปแบบของฟิลด์ควบคุม

เมื่อ

1. บิท 0 คือบิทแรกที่ส่งและบิทคือบิท 7 สุดท้ายที่ส่งของฟิลด์ควบคุม
2. N(S) คือลำดับหมายเลขในการส่ง (บิท 1 คือ LSB)
3. N(R) คือลำดับหมายเลขในการรับ (บิท 5 คือ LSB)
4. บิท "S" คือบิทที่ทำหน้าที่ดูแลการทำงาน
5. บิท "M" คือบิทปรับปรุงเฟรมที่ไม่ใช่ตัวเลข
6. บิท P/F คือบิท Poll/Final ซึ่งแสดงความแตกต่างระหว่างคำสั่งและการตอบสนอง และดังนั้นความแตกต่างระหว่างบิท P และบิท F จะทำได้โดยใช้การ addressing

3.3.2.1.1 รูปแบบการถ่ายโอนข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I เฟรมทั้งหมดจะมีบิทศูนย์ของฟิลด์ควบคุมซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ N(S) คือลำดับหมายเลขในการส่งของผู้ส่ง (จำนวนครั้งของการส่งเฟรมนี้) N(R) คือลำดับหมายเลขในการรับของผู้ส่ง (ลำดับหมายเลขต่อไปของเฟรมที่คาดว่าจะได้รับ)

3.3.2.1.2 รูปแบบการดูแล

เฟรมที่ทำหน้าที่ดูแลแสดงได้โดยมีบิทศูนย์ของฟิลด์ควบคุมถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งและบิท 1 ของฟิลด์ควบคุมถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ S เฟรมจะทำหน้าที่ควบคุมดูแลการเชื่อมโยง เช่น การตอบรับ หรือความต้องการส่ง I เฟรมซ้ำ และควบคุม Link-Level-Window ดังนั้น S เฟรมจะไม่มีฟิลด์ข่าวสารการปรับการส่งของผู้ส่งและปรับการรับของผู้รับจะไม่เพิ่มขึ้นสำหรับ S เฟรม

3.3.2.13 รูปแบบที่ไม่ใช่หมายเลข

เฟรมซึ่งไม่ใช่หมายเลขเป็นเครื่องหมายแสดงโดยมีทั้งบิทศูนย์และบิทหนึ่งของฟิลด์ควบคุมซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง U เฟรม คือ การตอบสนองสำหรับการรักษาการเพิ่มการควบคุมเหนือบริเวณที่เชื่อมโยงที่เกี่ยวข้องกับ S เฟรม การตอบสนองทั้งหลายเช่นเดียวกันสำหรับทำให้เกิดขึ้นและการติดต่อเชื่อมโยงปลายทาง U เฟรมกำหนดขึ้นสำหรับส่งและรับข่าวสารนอกเหนือการควบคุมปกติ บาง U เฟรมอาจบรรจุข่าวสารและ PID ฟิลด์ด้วย

3.3.2.2 พารามิเตอร์ของฟิลด์ควบคุม

3.3.2.3 ลำดับหมายเลข

ทุกๆ I เฟรมของ AX.25 จะกำหนดโดยใช้ Modulo8 ลำดับหมายเลขจาก 0 ถึง 7 ซึ่งจะยอมให้ค้างได้สูงสุด 7 I เฟรมต่อการติดต่อในระดับ 2 ในขณะนั้น

3.3.2.4 การปรับเฟรมและลำดับหมายเลข

3.3.2.4.1 การปรับสถานะการส่ง V(S)

การปรับสถานะการส่งเป็นการปรับภายใน DXE และไม่จำเป็นต้องส่ง มันประกอบด้วยลำดับหมายเลขต่อไปเพื่อกำหนด I เฟรม ที่จะส่งต่อไป การปรับนี้จะปรับปรุงการส่งของแต่ละ I เฟรม

3.3.2.4.2 ลำดับหมายเลขในการส่ง N(S)

ลำดับหมายเลขในการส่งหาได้จากฟิลด์ควบคุมของ I เฟรมทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วยหมายเลขของ I เฟรมที่จะส่งซึ่งปรับตามลำดับการส่ง I เฟรม N(S) จะปรับให้เท่ากับ V(S)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.4.3 การปรับสถานะการรับ V(R)

การปรับสถานะการรับภายใน DXE ซึ่งประกอบด้วยลำดับหมายเลขของ I เฟรมต่อไปที่คาดว่าจะได้รับ การปรับนี้เป็นการปรับปรุงตามการรับรองของ error-free I เฟรมให้ลำดับหมายเลขในส่งเท่ากับค่าการปรับสถานะการรับในปัจจุบัน

3.3.2.4.4 ลำดับหมายเลขในการรับ N(R)

ลำดับหมายเลขในการรับคือทั้ง I เฟรม และ S เฟรม ตามลำดับการส่งที่กำลังส่ง I และ S เฟรม การปรับนี้จะปรับปรุงให้เท่ากับการปรับสถานะการรับ ดังนั้นเป็นการตอบรับคุณลักษณะการรับของ I เฟรมทั้งหมดและประกอบด้วย N(R)-1

3.3.3 การทำงานของบิท Poll และบิท Final (P/F)

บิท P/F จะใช้กับเฟรมทุกชนิด จะใช้ในโมดคำสั่ง (Poll) เมื่อมีความต้องการเร่งด่วนที่จะตอบสนอง (Final) ให้เหมาะสมกับเฟรมสภาวะของ Poll จะค้างได้หนึ่งเดียวเท่านั้นดังทิศทางที่กำหนดในขณะนั้น

3.3.4 การเข้ารหัสฟิลด์ควบคุมสำหรับคำสั่งและการตอบสนอง

คำสั่งและการตอบสนองต่อไปนี้ แสดงได้โดยการเข้ารหัสฟิลด์ควบคุม ซึ่งใช้ได้โดย DXE

3.3.4.1 ฟิลด์ควบคุมเฟรมคำสั่งข่าวสาร

การทำงานของคำสั่งข่าวสารก็คือเพื่อถ่ายโอนข้ามการเชื่อมโยงข้อมูลตามหมายเลขเฟรมที่บรรจุฟิลด์ข่าวสาร

ฟิลด์ควบคุมเฟรมข่าวสารก็คือการเข้ารหัสดังแสดงในรูปที่ 25 เฟรมเป็นลำดับหมายเลขโดย N(S) เป็นฟิลด์ย่อยเพื่อควบคุมการบำรุงรักษาทั้งหลายที่ผ่านการติดต่อ Link Layer

บิทของฟิลด์ควบคุม

765	4	321	0
N(R)	P	N(S)	0

รูปที่ 25 ฟิลด์ควบคุมเฟรมข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 ฟิลด์ควบคุมการตรวจตราเฟรม

การเข้ารหัสฟิลด์ควบคุมการตรวจตราเฟรมดังแสดงในรูปที่ 26

บิทฟิลด์ควบคุม	765	4	32	1 0
Receive Ready RR	N(R)	P/F	00	0 1
Receive Not Ready RNR	N(R)	P/F	01	0 1
Reject REJ	N(R)	P/F	10	0 1

รูปที่ 26 ฟิลด์ควบคุม S เฟรม

3.3.4.2.1 คำสั่งและการตอบสนอง Receive Ready (RR) Receive Ready มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. แสดงว่าผู้ส่ง RR ในขณะนี้พร้อมที่จะรับ I เฟรม
2. เพื่อตอบกลับว่าสามารถรับ I เฟรมได้และประกอบด้วย N(R)-1
3. เพื่อเคลียร์สภาวะ busy ซึ่งถูกเซ็ทก่อนหน้านี้ โดยการส่งคำสั่ง RNR ออกไป

สถานะของ DXE ที่ปลายทางอื่นของการเชื่อมโยงสามารถร้องขอโดยการส่งคำสั่ง RR พร้อมกับ บิท P ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

3.3.4.2.2 คำสั่งและการตอบสนอง Receive Not Ready (RNR)

Receive Not Ready มีหน้าที่แสดงรับผู้ส่ง I เฟรม ซึ่ง DXE ที่กำลังรับไม่ว่างชั่วคราวและไม่สามารถรับ I เฟรมได้เฟรม N(R)-1 จะถูกตอบกลับ จำนวน I เฟรมใดๆ N(R) และค่าสูงสุดซึ่งอาจจะมีการจับกันระหว่างสถานะและไม่ตอบกลับเพื่อคำสั่ง RNR ซึ่งถูกส่งออกไปไม่ได้รับการตอบกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะของ RNR สามารถเคลียร์ได้โดยการส่ง UA เฟรม, RR เฟรม, REJ เฟรม หรือ SABM เฟรมออกไป

สถานะของ DXE ที่ปลายด้านอื่นของการเชื่อมโยงสามารถร้องขอโดยการส่งเฟรมคำสั่ง RNR กับบิท P ที่ถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

3.3.4.2.3 คำสั่งและการตอบสนอง Reject (REJ)

RES เฟรมใช้เมื่อต้องการให้ส่ง I เฟรมซ้ำ โดยเริ่มต้นด้วย N(R) เฟรมใดๆ ที่ส่งออกไปด้วยลำดับหมายเลขของ N(R)-1 หรือตอบกลับมาน้อย รวมกับ I เฟรมซึ่งอาจจะผนวกเข้ามาเพื่อส่ง N(R) เฟรมซ้ำถ้ามีเหตุใดๆ ขึ้น

REJ เฟรมมีสภาวะเดียวเท่านั้นซึ่งกำหนดในแต่ละทิศทางขณะนั้นสภาวะ Reject จะถูกเคลียร์โดยการรับ I เฟรมจนกระทั่งรับ I เฟรมที่เป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะ Reject เกิดขึ้นได้

สถานะของ DXE ที่ปลายอีกด้านหนึ่งของการควบคุมจะร้องขอโดยการส่งเฟรมคำส่ง REJ กับบิท P ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

3.3.4.3 ฟิลด์ควบคุมเฟรมที่ไม่มีหมายเลข

ฟิลด์ควบคุมเฟรมที่ไม่มีหมายเลข คือคำสั่งและการตอบสนองอื่นๆ

รูปที่ 27 แสดงรูปแบบของ U เฟรม ซึ่งสนับสนุนภายในโพรโตคอลนี้

Control Field	Type	Control Field Bits								
		7	6	5	4	3	2	1	0
Set Asynchronous Balanced Mode-SABM	Cmd	0	0	1	P	1	1	1	1
Disconnect-DISC	Cmd	0	1	0	P	0	0	1	1
Disconnected Mode DM	Res	0	0	0	F	1	1	1	1
Unnumbered Acknowledge-UA	Res	0	1	1	F	0	0	1	1
Frame Reject-FRMR	Res	1	0	0	F	0	1	1	1
Unnumbered Information-UI	Either	0	0	0	P/F	0	0	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 27 ฟิลด์ควบคุม U เฟรม

3.3.4.3.1 คำสั่ง Set Asynchronous Balanced Mode-(SABM)

คำสั่ง SABM ใช้กับ DXE ทั้งสองตำแหน่งในวิธีแบบสมดุลย์ซึ่งสอดคล้องกันซึ่งก็คือการทำงานแบบสมดุลย์ที่รู้จักกันดีคล้ายกับ LAPB ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองได้รับการปฏิบัติโดยเท่าเทียมกัน

ฟิลด์ข่าวสารจะไม่ยอมให้ใช้ในคำสั่ง SABM I เฟรมใดๆ ที่ค้างอยู่จะอยู่ทางซ้ายเมื่อคำสั่ง SABM ถูกส่งออกไปจะยังคงไม่ตอบกลับ

DXE จะยืนยันการรับและยอมรับคำสั่ง SABM โดยการส่งเฟรมตอบสนอง UA ออกไปก่อนตามความเหมาะสมถ้า DXE ไม่สามารถรับคำสั่ง SABM ได้มันจะตอบสนองด้วย DM เฟรมถ้าเป็นไปได้

3.3.4.3.2 คำสั่งยกเลิกการติดต่อ (DISC)

คำสั่ง DISC ใช้เมื่อสิ้นสุดการเชื่อมโยงระหว่าง 2 สถานี และจะไม่ยอมให้มีฟิลด์ข่าวสารในเฟรมของคำสั่ง DISC

ก่อนที่จะกระทำอะไรกับ DISC เฟรม DXE ที่กำลังรับจะยืนยันการรับของ DISC โดยการออกคำสั่งเฟรมตอบสนอง UA ที่ได้รับก่อนตามความเหมาะสม DXE จะส่ง DISC อยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อเมื่อมันได้รับการตอบสนอง UA

I เฟรมใดๆ ที่ไม่ตอบกลับจะอยู่ทางซ้ายเมื่อคำสั่งนี้ถูกกระทำและจะยังคงไม่ตอบกลับ

3.3.4.3.3 การตอบสนองการตัดเฟรมทั้งไป (FRMR)

3.3.4.3.3.1 เฟรมตอบสนอง FRMR ถูกส่งออกไปเพื่อรายงานว่าผู้รับเฟรมไม่สามารถกระทำกับเฟรมได้สำเร็จ และสภาวะเช่นนี้จะปรากฏเมื่อเฟรมปราศจากความผิดพลาด FCS ที่รับได้ กับสภาวะหนึ่งสภาวะใดดังต่อไปนี้

1. การรับคำสั่งที่ผิดพลาดหรือไม่สนับสนุนเฟรมคำสั่งหรือเฟรมตอบสนอง

2. การรับ I เฟรมซึ่งฟิลด์ข่าวสารมีความยาวเกินกว่าที่ตกลงกันใช้

3. การรับที่เกี่ยวข้องกับ N(R) ซึ่งเกิดขึ้นเสมอเมื่อเฟรม N(R) ส่งออกไปและได้รับการตอบกลับ หรือเมื่อ N(R) อยู่นอกเหนือลำดับซึ่งได้คาดหวังไว้

4. การรับเฟรมที่ทำหน้าที่ดูแลพร้อมกับบิท F ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง ยกเว้นระหว่างสภาวะที่ชัดเชยเวลา หรือยกเว้นคำตอบเฟรมคำสั่งซึ่งส่งออกไปพร้อมกับบิท P ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

บิท W ควรเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การรับเฟรมเกี่ยวกับฟิลด์ข่าวสารเมื่อไม่ได้กำหนดให้เป็นหนึ่งหรือการรับ U เฟรม หรือ S เฟรม ซึ่งมีความยาวไม่ถูกต้องบิท W และบิท Y ควรจะเป็นหนึ่งทั้งสองบิทเมื่ออยู่ในสภาวะนี้

6. การรับเฟรมตอบสนอง UA หรือ DM ซึ่งไม่คาดว่าจะได้รับค่า W ควรจะเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

7. การรับเฟรมพร้อมกับ N(S) ที่ไม่ถูกต้อง บิท W ควรจะเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

N(R) ที่ไม่ถูกต้องหาได้จาก I เฟรมซึ่งส่งออกไปและตอบกลับมาหรือ I เฟรม ซึ่งไม่ได้ส่งและไม่ใช่ I เฟรมลำดับต่อไปที่ยังคงค้างการส่งไว้

N(S) ที่ไม่ถูกต้องหาได้จาก N(S) ซึ่งเท่ากับการส่งครั้งสุดท้าย N(R)+K และเท่ากับการปรับสถานะที่รับได้ V(R) เมื่อ K คือจำนวนสูงสุดของเฟรมข่าวสารที่ยังคงค้างอยู่

คำสั่งหรือการตอบสนองที่ผิดพลาดหรือไม่ถูกต้องหาได้จากเฟรมที่เกี่ยวกับฟิลด์ควบคุม ซึ่งไม่ทราบผู้รับเฟรมนี้

3.3.4.3.3.2 เมื่อเฟรม FRMR ถูกส่งออกไปฟิลด์ข่าวสารที่รวมกันเป็นเฟรมซึ่งบรรจุข่าวสารเข้าด้วยกันเพื่อแสดงว่าเกิดปัญหาขึ้นฟิลด์ข่าวสารนี้มีความยาว 3 octet แสดงได้ดังรูปที่ 28

Information Field Bits																							
2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1												
3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	Z	Y	X	W	V(R)			C/R	V(S)			0	Rejected Frame Control Field							

รูปที่ 28 ฟิลด์ข่าวสาร FRMR เฟรม

เมื่อ

1. ฟิลด์ควบคุมการตัดเฟรมทิ้งไปเป็นตัวพาห์ฟิลด์ควบคุมของเฟรมซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะตัดเฟรมทิ้ง คือบิท 0-7 ของฟิลด์ข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. V(S) คือการปรับสถานะการส่งปัจจุบันของอุปกรณ์ซึ่งกำลังรายงานการตัดเฟรมทิ้ง (บิท 9 คือบิทที่มีนัยสำคัญต่ำ)

3. บิท CR ถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์เพื่อแสดงว่าเฟรมที่ถูกตัดทิ้งเป็นคำสั่ง หรือเซ็ทให้เป็นหนึ่งถ้าเป็นการตอบสนอง

4. V(R) คือการปรับสถานะการรับปัจจุบันของอุปกรณ์ซึ่งกำลังรายงานการตัดเฟรมทิ้ง (บิท 13 คือบิทที่มีนัยสำคัญต่ำ)

5. ถ้าบิท W ถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งแสดงว่าฟิลด์ควบคุมที่รับได้ผิดพลาดหรือไม่ถูกต้อง

6. ถ้าบิท X ถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งเฟรมซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะตัดเฟรมทิ้งเป็นการผิดพลาดเพราะว่าเป็น U หรือ S เฟรมซึ่งมีฟิลด์ข่าวสารซึ่งไม่ได้กำหนดบิท W จำเป็นที่จะกำหนดให้เป็นหนึ่ง เมื่อรวมกับบิท X

7. ถ้า Y ถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งฟิลด์ข่าวสารของเฟรมที่รับได้มีค่าเกินค่าสูงสุดที่กำหนดไว้

8. ถ้า Z ถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งฟิลด์ควบคุมที่รับได้และตอบกลับมาในบิทตั้งแต่ 1 ถึง 8 ซึ่งบรรจุ N(R) ที่ผิดพลาด

9. บิท 8 และ 20 ถึง 23 ถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์

3.3.4.3.4 การตอบสนองการตอบกลับแบบไม่มีลำดับหมายเลข (UA)

เฟรมตอบสนอง UA คือการส่งเพื่อยืนยันการรับและการยอมรับของเฟรมคำสั่ง SABM หรือ DISC คำสั่งที่รับได้จะไม่ได้รับการกระทำจนกระทั่งเฟรมตอบสนอง UA ถูกส่งออกไป ฟิลด์ข่าวสารจะไม่ยอมให้ใช้ใน UA เฟรม

3.3.4.3.5 การตอบสนองโมดการยกเลิกการติดต่อ (DM)

การตอบสนองโมดการยกเลิกการติดต่อถูกส่งออกไปเมื่อ DXE ได้รับเฟรมอื่นนอกจาก SABM หรือ UI เฟรมในขณะที่อยู่ในโมดยกเลิกการติดต่อเป็นการส่งเพื่อขอร้องให้เซ็ทโมดคำสั่งหรือแสดงว่าไม่สามารถรับการติดต่อได้ชั่วขณะ การตอบสนอง DM จะไม่มีฟิลด์ข่าวสาร

เมื่อใดก็ตามที่รับ SABM เฟรมได้และกำหนดว่าการติดต่อไม่สามารถเป็นไปได้ DM เฟรมจะถูกส่งออกไป แสดงว่าสถานีที่เรียกขานไม่สามารถรับการติดต่อได้ในขณะนั้น

ขณะเดียวกัน DXE ที่อยู่ในโมดการยกเลิกการติดต่อ จะไม่ตอบสนองคำสั่งใดๆ นอกจาก SABM หรือ UI เฟรมโดยการตอบสนอง DM พร้อมกับบิท P/F ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.3.6 เฟรมข่าวสารแบบไม่มีลำดับหมายเลข (UI)

เฟรมข่าวสารแบบไม่มีลำดับหมายเลขประกอบด้วย PID และฟิลด์ข่าวสารและใช้เป็นทางผ่านของข่าวสารตลอดการเชื่อมโยงออกจากการควบคุมข่าวสารปกติ การยอมให้ฟิลด์ข่าวสารนี้ไปกลับและออกจากการเชื่อมโยงโดยผ่านการควบคุมการไหล เมื่อเฟรมนี้ไม่สามารถรับได้ถ้ามี 1 เฟรม ถูกลบออกไปจะไม่มีทางชดเชยได้ UI เฟรมที่รับได้กับบิท P จะทำให้เกิดการตอบสนองการส่งออกไป การตอบสนองนี้จะเป็น DM เฟรม เมื่ออยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อหรือ RR(หรือ RNR ตามความเหมาะสม) เฟรมในสถานะการถ่ายโอนข่าวสาร

3.3.5 การรายงานการเชื่อมโยงผิดพลาดและการชดเชย

บ่อยครั้งที่การเชื่อมโยงระหว่างชั้นเกิดการผิดพลาดซึ่งสามารถชดเชยได้โดยไม่ต้องติดต่อกับปลายทาง ตำแหน่งที่ผิดพลาดนี้อาจเกิดขึ้นเช่นเดียวกับผลของการผิดฟังก์ชั่นภายใน DXE หรือถ้าการส่งเกิดการผิดพลาดขึ้น

3.3.5.1 สภาวะที่ DXE ไม่ว่าง

เมื่อ DXE ไม่สามารถรับ I เฟรมได้ชั่วคราว ดังนั้นเมื่อรับบัฟเฟอร์ได้ทั้งหมดแล้ว มันจะส่ง RNR เฟรม เพื่อแจ้งให้ DXE อื่นทราบว่า DXE นี้ไม่สามารถรับ I เฟรมใดๆ ได้ชั่วขณะหนึ่งสภาวะนี้จะถูกเคลียร์โดยการส่งคำสั่ง AU,RR,REJ หรือ SABM เฟรม

3.3.5.2 ลำดับหมายเลขในการส่งผิดพลาด

ถ้าลำดับหมายเลขในการส่ง N(S) ของฝ่ายตรงข้ามเกิด Error Free ขึ้นทำให้ I เฟรมที่รับได้ไม่แมทช์กับสถานะการรับที่ปรับไว้ V(R) ลำดับการส่งมีความผิดพลาดเกิดขึ้นและฟิลด์ข่าวสารจะถูกยกเลิกผู้รับจะไม่ยอมรับเฟรมนี้ หรือ I เฟรมอื่นใดจนกระทั่ง N(S) จะแมทช์กับ V(R)

ฟิลด์ควบคุมของ I เฟรมที่เกิดการผิดพลาดขึ้นจะยอมรับฟังก์ชั่นตรวจตราการเชื่อมโยงเช่นเดียวกับการตรวจสอบบิท P/F ซึ่งกระทำค้างไว้เพราะว่าเป็นการปรับปรุงแก้ไข I เฟรมที่ส่งใหม่อาจมีการแก้ไขบิท P และ N(R)

3.3.5.3 การชดเชยการไม่ยอมรับ (REJ)

REJ ใช้เมื่อต้องการให้ส่ง I เฟรมซ้ำตามการตรวจสอบลำดับของ N(S) ที่ผิดพลาดสิ่งเดียวเท่านั้นที่ยังคงค้างอยู่ก็คือสภาวะ "Sent REJ" ที่ถูกำหนดขึ้นในขณะนั้น สภาวะนี้จะถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลียร์เมื่อต้องการจะรับ I เฟรม

DXE ซึ่งกำลังรับคำสั่ง REJ จะเคลียร์สภาวะนี้โดยการส่ง I เฟรมทั้งหมดที่ยังคงค้างอยู่ เริ่มต้นด้วยหนึ่งใน N(R) ของคำสั่ง REJ เฟรม

3.3.5.4 เวลานอกที่ใช้ชดเชยการผิดพลาด

3.3.5.4.1 การชดเชยโดยตั้งเวลา T1

ถ้า DXE เกิดการผิดพลาดในการส่งขึ้น โดยไม่สามารถรับ I เฟรม (หรือรับและยกเลิก) หรือ I เฟรมสุดท้ายตามลำดับของ I เฟรม ได้มันจะไม่ดีเท็กลำดับหมายเลขการส่งที่ผิดพลาด และดังนั้นจะไม่ส่งคำสั่ง REJ DXE ซึ่งส่ง I เฟรมที่รับไม่ได้ จะสมบูรณ์ได้ด้วยระยะเวลา T1 ทำให้การชดเชยเหมาะสมโดยหาว่าเมื่อส่ง I เฟรม ออกไปใหม่ สภาวะนี้จะถูกเคลียร์โดยการรับการตอบกลับสำหรับเฟรมที่ส่งออกไป หรือโดยการเซ็ทการเชื่อมโยง

3.3.5.4.2 การชดเชยโดยตั้งเวลา T3

การตั้งเวลา T3 ใช้เพื่อให้มั่นใจว่าการเชื่อมโยงยังคงทำงานอยู่ระหว่างระยะเวลาของการถ่ายโอนข่าวสารน้อยๆ เมื่อใดก็ตามที่ T1 ไม่เริ่มต้นนับเวลา (ไม่มี I เฟรมค้างอยู่) T3 ใช้ในช่วงเวลา Poll ของ DXE อื่นของการเชื่อมโยง เมื่อหมดเวลา T3 RR หรือ RNR เฟรมจะถูกส่งออกไปพร้อมกับบิท P ขั้นตอบการรอการตอบกลับจะถูกกระทำ

3.3.5.6 เฟรมที่ไม่ถูกต้องและ FCS ผิดพลาด

ถ้าเฟรมที่ได้รับไม่ถูกต้องหรือเฟรมที่รับได้พร้อมกับ FCS ผิดพลาดเฟรมนี้จะถูกยกเลิกและไม่มีการกระทำใดๆ เกิดขึ้น

3.3.5.6 สภาวะการกำจัดเฟรม

สภาวะการกำจัดเฟรมเกิดขึ้นเมื่อได้รับเฟรม Error-Free ที่ตรงกันข้ามเมื่อเกิดการกำจัดการผิดพลาดขึ้น I เฟรมส่วนใหญ่จะไม่ได้รับ (ยกเว้นสำหรับการพิจารณาของบิท P/F) จนกระทั่งการผิดพลาดได้รับการแก้ไขสภาวะที่เกิดการผิดพลาดจะแจ้งให้ DXE อื่นรับทราบโดยการส่งเฟรมตอบสนอง FRMR ออกไป

3.4 รายละเอียดขั้นตอนการปฏิบัติของ AX.25

รายละเอียดต่อไปนี้เป็นขั้นตอนการปฏิบัติที่ใช้เพื่อกำหนด, ใช้และยกเลิกการติดต่อการเชื่อมโยงแบบสมดุลย์ระหว่าง DXE 2 สถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การทำงานของแอดเดรสฟิลด์

3.4.1.1 แอดเดรสข่าวสาร

เฟรมที่ส่งออกไปทั้งหมดจะมีแอดเดรสฟิลด์เป็นการยืนยันถึงหลักการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทุกเฟรมจะมีทั้งแอดเดรสของอุปกรณ์ปลายทางและแอดเดรสของอุปกรณ์ต้นทางอยู่ภายในแอดเดรสฟิลด์โดยที่แอดเดรสปลายทางเข้ามาก่อน ซึ่งยอมให้มีได้หลายการเชื่อมโยงเพื่อแลกเปลี่ยนช่องสัญญาณ RF แอดเดรสปลายทางเป็นแอดเดรสของสถานีที่รับเฟรมเสมอ ในขณะที่แอดเดรสต้นทางบรรจุแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ส่งเฟรม

แอดเดรสปลายทางสามารถกำหนดเป็นชื่อกลุ่มหรือสัญญาณเรียกขานของสโมสรถ้าเป็นการทำงานแบบจุดถึงหลายจุด (point-to-multipoint) การทำงานเกี่ยวกับแอดเดรสปลายทางที่นอกเหนือจากสัญญาณเรียกขานของนักวิทยุสมัครเล่นเป็นหัวข้อสำหรับศึกษาต่อไปในอนาคต

3.4.1.2 ขั้นตอนการปฏิบัติของคำสั่งและการตอบสนอง

AX.25 เวอร์ชั่น 2 มีการสนับสนุนคำสั่งและการตอบสนองข่าวสารอยู่ในแอดเดรสฟิลด์ เพื่อที่จะทำให้ใช้ได้กับเวอร์ชั่นก่อนๆ ของ AX.25 คำสั่งและการตอบสนองข่าวสารจะใช้ 2 บิท

เพื่อให้ใช้ได้กับ AX.25 ได้ดีขึ้น DXE สามารถหาว่าจะติดต่อกันได้กับ DXE อื่นซึ่งใช้โพรโตคอลเวอร์ชั่นเก่าได้หรือไม่ โดยการตรวจสอบบิทคำสั่งและบิทตอบสนองข่าวสารในบิทที่ 7 ของ SSID octet ของทั้งฟิลด์ย่อยของแอดเดรสปลายทางและต้นทาง ถ้าบิท C ทั้งคู่ถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์แสดงว่าอุปกรณ์ที่ใช้อยู่นั้นเป็นโพรโตคอลเก่าโพรโตคอลเวอร์ชั่นใหม่จะมี 1 ใน 2 บิท ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นหนึ่งบิทที่ 2 ถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ขึ้นอยู่กับว่าเป็นเฟรมคำสั่งหรือการตอบสนอง

คำสั่งและการตอบสนองข่าวสารจะเข้ารหัสภายในแอดเดรสฟิลด์ดังแสดงในรูปที่ 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของเฟรม	บิท C SSID ปลายทาง	บิท C SSID ต้นทาง
เวอร์ชั่นก่อน	0	0
คำสั่ง (V.2.0)	1	0
การตอบสนอง (V.2.0)	0	1
เวอร์ชั่นก่อน	1	1

รูปที่ 29 การเข้ารหัสคำสั่งและการตอบสนอง

สิ่งที่น่าสนใจอื่นๆ ของทุกเฟรมที่เป็นคำสั่งหรือการตอบสนองคืออุปกรณ์จะต้องมีหนึ่งบิทที่ถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งและอีกบิทหนึ่งถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์เสมอ

การใช้คำสั่งและการตอบสนองข่าวสารใน AX.25 กำหนดให้ 5 เฟรมเป็นคำสั่งหรือการตอบสนองอื่นๆ ช่วยรักษาคุณลักษณะการควบคุมเหนือการเชื่อมโยงระหว่างที่อยู่ในสถานะการถ่ายโอนข่าวสาร

3.4.2 การปฏิบัติเกี่ยวกับบิท Poll และ Final (P/F)

การตอบสนองเฟรมต่อไปที่ย้อนกลับมาโดย DXE ถึงคำสั่ง SABM หรือ DISC พร้อมกับบิท P ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่งจะตอบสนองด้วย UA หรือ DM พร้อมกับบิท F ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

การตอบสนองเฟรมต่อไปที่กลับมายัง I เฟรม พร้อมกับบิท P ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่ง ซึ่งรับได้ระหว่างอยู่ในสถานะถ่ายโอนข่าวสารจะตอบสนอง RR, RNR, หรือ REJ เฟรม พร้อมกับบิท F ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

การตอบสนองเฟรมต่อไปที่กลับมายังคำสั่ง S หรือ I เฟรม พร้อมกับบิท P ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่ง ซึ่งรับได้ในขณะที่อยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อโดยจะตอบสนองด้วย DM เฟรมพร้อมกับบิท F ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

บิท P จะใช้ร่วมกับสภาวะการชดเชยเวลานอก

เมื่อไม่ได้ใช้ควรเซ็ทบิท P/F ให้เป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 ขั้นตอนการปฏิบัติสำหรับการเชื่อมโยงและยกเลิกการติดต่อ

3.4.3.1 การสร้างการเชื่อมโยงการติดต่อ (LAPB)

เมื่อ DXE ตัวหนึ่งต้องการติดต่อกับ DXE ตัวอื่นมันจะส่งคำสั่ง SABM เฟรมออกไปถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วยและเริ่มต้น (T1) ถ้ามี DXE ตัวหนึ่งและสามารถติดต่อกันได้มันจะตอบสนองด้วยการตอบสนอง UA เฟรมและรีเซ็ทการปรับสถานะภายในทั้งคู่ (V(S) และ V(R)) การรับการตอบสนอง UA เฟรมที่ปลายทางอื่นจะเป็นเหตุให้ DXE มีความต้องการที่จะทำการติดต่อจึงยกเลิกการตั้งเวลา T1 และกำหนดการปรับสถานะภายในให้เป็นศูนย์

ถ้า DXE อื่นไม่สามารถตอบสนองก่อนที่จะหมดเวลา T1 อุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อจะส่ง SABM เฟรมซ้ำ และเริ่มต้นนับเวลา T1 ใหม่อีกครั้ง DXE ควรจะพยายามทำการติดต่ออย่างต่อเนื่องจนกระทั่งความพยายามไม่ประสบผลสำเร็จเมื่อเวลา N2 เวลา N2 หาได้จากจากหัวข้อต่อไป

ถ้าการรับคำสั่ง SABM, DXE จะตัดสินใจว่าไม่สามารถเข้าไปในสถานะที่แสดงได้มันควรจะส่ง DM เฟรมออกไป

เมื่อได้รับการตอบสนอง DM DXE ที่กำลังส่ง SABM ควรยกเลิกเวลา T1 ที่ตั้งไว้และไม่เข้าไปเข้าไปในสถานะถ่ายโอนข่าวสาร

DXE ที่กำลังส่งคำสั่ง SABM จะไม่สนใจและยกเลิกเฟรมอื่นยกเว้น SABM, DISC, UA และ DM เฟรม จาก DXE อื่น

เฟรมอื่นนอกจาก UA และ DM ในการตอบสนอง SABM ที่รับได้จะส่งหลังจากที่การเชื่อมโยงถูกสร้างขึ้นเท่านั้นและถ้าไม่มี SABM ค้างอยู่

3.4.3.2 เฟสการถ่ายโอนข่าวสาร

หลังจากสร้างการเชื่อมโยงการติดต่อ DXE จะอยู่ในสถานะการถ่ายโอนข่าวสาร ในสถานะนี้ DXE จะรับและส่ง I และ S เฟรม ให้สอดคล้องกับการปฏิบัติในหัวข้อต่อไป

3.4.3.3 การยกเลิกการติดต่อการเชื่อมโยง

3.4.3.3.1 ในขณะที่อยู่สถานะถ่ายโอนข่าวสาร DXE อื่นอาจจะแสดงความต้องการยกเลิกการติดต่อเชื่อมโยงโดยการส่งคำสั่ง DISC เฟรม และเริ่มต้นตั้งเวลา T1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.3.2 DXE ที่กำลังรับคำสั่ง DISC จะส่งการตอบสนอง UA เฟรมและอยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อ DXE ที่กำลังรับการตอบสนอง UA หรือ DM จะส่งคำสั่ง DISC และยกเลิกการตั้งเวลา T1 และอยู่ในสภาวะยกเลิกการติดต่อ

3.4.3.3.3 ถ้าการตอบสนอง UA หรือ DM ที่ได้รับไม่ถูกต้องก่อนที่จะหมดเวลา T1, DISC เฟรมควรจะถูกส่งซ้ำและเริ่มต้นนับเวลา T1 ใหม่ ถ้ามีเวลา N2 เกิดขึ้น DXE ควรอยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อ

3.4.3.4 สถานะยกเลิกการติดต่อ

3.4.3.4.1 DXE ที่อยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อจะตรวจสอบคำสั่งที่รับได้และกระทำตามการรับของ SABM ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นและจะส่ง DM เฟรม เพื่อตอบสนองคำสั่ง DISC

3.4.3.4.2 ในสถานะยกเลิกการติดต่อ DXE อาจเริ่มต้นทำการเชื่อมโยงตามหัวข้อในการสร้างการติดต่อข้างต้น ซึ่งอาจตอบสนองการรับ SABM และสร้างการติดต่อ หรืออาจไม่สนใจ SABM และสั่ง DM เฟรมออกไป

3.4.3.4.3 DXE ใดๆ ที่กำลังรับเฟรมคำสั่งนอกจาก SABM หรือ UI เฟรมพร้อมกับบิท P ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งและควรจะตรวจสนองด้วยDMเฟรมกับบิทF ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งเฟรมที่ผิดไปจากนี้ไม่ต้องสนใจ

3.4.3.4.4 เมื่อ DXE อยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อหลังจากเกิดสภาวะผิดพลาดหรือถ้าเกิดการผิดพลาดภายในมีผลต่อ DXE จะอยู่ในสภาวะยกเลิกการติดต่อ DXE ควรแสดงเหตุที่เกิดขึ้นโดยส่งการตอบสนอง DM หลังจาก DISC เฟรมและทำตามการปฏิบัติในการยกเลิกการติดต่อการเชื่อมโยง DXE อาจจะพยายามที่จะสร้างการติดต่อขึ้นใหม่โดยใช้ขั้นตอนปฏิบัติในการเชื่อมโยงการติดต่อดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

3.4.3.5 การชดเชยการชนกัน

3.4.3.5.1 การชนกันในฮาล์ฟ-ดูเพล็กซ์

การชนกันของเฟรมในฮาล์ฟ-ดูเพล็กซ์ เป็นการเอาใจใส่ปกติของการตั้งเวลา T1 และส่งไปปรับการนับใหม่ ไม่มีการกระทำพิเศษอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้

3.4.3.5.2 การชนกันของคำสั่งไม่มีลำดับหมายเลข

ถ้าคำสั่ง SABM หรือ DISC เฟรมที่ส่งออกไปและได้รับเหมือนกัน DXE ทั้งคู่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะส่งการตอบสนอง UA ออกไปก่อนตามความเหมาะสมและอุปกรณ์ทั้งคู่ควรจะอยู่ในสถานะที่แสดงอยู่

ถ้าคำสั่ง SABM หรือ DISC เฟรมที่ส่งออกไปและได้รับแต่ต่างกัน DXE ทั้งคู่จะอยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อและส่ง DM เฟรมออกไปก่อนตามความเหมาะสม

3.4.3.5.3 การชนกันของ DM กับ SABM หรือ DISC เฟรม

เมื่อการตอบสนอง DM เฟรมที่ไม่ต้องการถูกส่งออกไปการชนกันระหว่าง DM และ SABM หรือ DISC อาจเกิดขึ้น เพื่อป้องกัน DM เฟรม นี้จากการแปลความหมายผิดพลาด DM เฟรมที่ไม่ต้องการควรจะส่งออกไปพร้อมกับ F ที่ถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ SABM และ DISC เฟรมทั้งหมดควรจะส่งพร้อมกับบิท P ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์ วิธีนี้จะป้องกันการผิดพลาดใดๆ เมื่อได้รับ DM เฟรม

3.4.3.6 การทำงานในการติดต่อ

ในกิจการวิทยุสมัครเล่น มีการรวมชนิดของการทำงานซึ่งไม่สามารถทำการติดต่อด้วย level2 ได้ การทำงานนี้ก็คือการทำงานแบบวงรอบเมื่อนักวิทยุสมัครเล่นโดยทั่วไปอาจจะไม่ว่างในการสนทนา การทำงานชนิดนี้ไม่สามารถได้รับความสะดวกโดยการต่อแบบ AX.25 Link-Layer ได้

กิจกรรมแบบวงรอบเป็นการสนับสนุนทางเทคนิคอย่างหนึ่งนอกเหนือการต่อแบบ AX.25แต่ยังคงใช้โครงสร้างเฟรมของ AX.25

AX.25 ใช้เฟรมพิเศษสำหรับการทำงานนี้ เรียกว่าเฟรมข่าวสารที่ไม่มีลำดับหมายเลข หรือ UI เฟรม เมื่อการทำงานชนิดนี้ถูกใช้งาน แอดเดรสปลายทางควรจะมีกลุ่มคำที่เป็นรหัสติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อป้องกันผู้ใช้ซึ่งเจาะจงการทำงานแบบวงรอบจากการดูทุกเฟรมโดยตลอดตัวกลางที่แลกเปลี่ยน RF ตัวอย่างของกรณีก็คือถ้ากลุ่มของนักวิทยุสมัครเล่นอยู่ในการสนทนาแบบวงรอบเกี่ยวกับ Packet Radio นักวิทยุสมัครเล่นทั้งหลายจะใส่ Packet เข้าไปในแอดเดรสปลายทาง ดังนั้นเขาจะรับเฉพาะเฟรมจากผู้อื่นที่กำลังสนทนาเหมือนกันเท่านั้น กล่าวโดยรวมๆ การพัฒนาของการใช้ AX.25 ในทางปฏิบัตินี้ก็คือต้นทางของแต่ละเฟรมจะอยู่ในฟิลด์ย่อย ดังนั้นซอร์ฟแวร์ควรเขียนเพื่อให้แสดงโดยอัตโนมัติว่าใครแสดงความคิดเห็นอะไร

ตั้งแต่โมดนี้ถูกใช้ติดต่อกัน จะไม่มีความต้องการให้ส่งเฟรมที่เสียซ้ำ การชนกันจะเกิดขึ้นเช่นเดียวกัน ด้วยศักดาของการสูญเสียเฟรมซึ่งชนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 ขั้นตอนปฏิบัติสำหรับการถ่ายโอนข่าวสาร

ถ้ามีการติดต่อเกิดขึ้นดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นอุปกรณ์ทั้งคู่จะสามารถรับ I,S และ U เฟรมได้

3.4.4.1 การส่ง I เฟรม

เมื่อใดก็ตามที่ DXE มีความต้องการที่จะส่ง I เฟรมมันจะส่ง I เฟรมพร้อมกับ N(S) ของฟิลด์ควบคุมให้เท่ากับ V(S) ปัจจุบันของมัน I เฟรมส่งออกไปหนึ่งครั้ง V(S) ก็จะเพิ่มขึ้นหนึ่ง ถ้าเวลา T1 ไม่เริ่มต้นมันจะเริ่มต้นได้ ถ้าเวลา T1 เริ่มต้นมันควรจะเริ่มต้นใหม่

DXE ไม่ควรส่ง I เฟรมใดๆ ถ้า V(S) ของมันเท่ากับ N(R) ที่ได้รับครั้งสุดท้ายจากด้านอื่นของการเชื่อมโยงลบด้วย 7 ถ้ามันไม่ส่ง I เฟรม โฟลคอนโทรลวินโดว์จะเกินและเป็นผลให้เกิดการผิดพลาดขึ้น

ถ้า DXE อยู่ในสภาวะไม่ว่าง มันอาจจะยังคงส่ง I เฟรม ต่อไปจนกว่าอุปกรณ์นั้นจะว่าง

ถ้า DXE อยู่ในโมดการกำจัดเฟรม มันจะหยุดการส่ง I เฟรม

3.4.4.2 การรับ I เฟรม

3.4.4.2.1 ถ้า DXE รับ I เฟรมที่ถูกต้อง และไม่อยู่ในสภาวะไม่ว่างมันจะยอมรับ I เฟรม ที่รับได้ และเพิ่มค่า V(R) และกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดในทางปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. ถ้ามี I เฟรมที่ต้องการส่ง I เฟรมนั้นอาจจะส่งพร้อมกับ N(R) ที่ส่งออกไปเท่ากับ V(R) ของมัน ในทางกลับกันอุปกรณ์อาจจะส่ง RR เฟรมกับ N(R) เท่ากับ V(R) แล้วจึงส่ง I เฟรม

2. ถ้าไม่มี I เฟรมค้างอยู่ อุปกรณ์ซึ่งกำลังรับจะส่ง RR เฟรมพร้อมกับ N(R) เท่ากับ V(R) DXE ซึ่งกำลังรับอาจจะคอยอยู่ระยะสั้นๆ ก่อนที่จะส่ง RR เฟรม เพื่อให้มั่นใจว่า I เฟรมที่เพิ่มขึ้นจะไม่ถูกส่งออกไป

3.4.4.2.2 ถ้า DXE อยู่สภาวะไม่ว่างมันอาจจะไม่สนใจที่จะรับ I เฟรมใดๆ ที่ปราศจากการรายงานสภาวะนี้

ถ้ายังคงสภาวะไม่ว่างอยู่ DXE ซึ่งกำลังรับแสดงสภาวะไม่วางควร Poll ผู้ส่งสภาวะไม่ว่างระยะเวลาหนึ่งจนกระทั่งสภาวะไม่ว่างนั้นหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DXE อาจ Poll ระยะเวลาที่ DXE ไม่ว่างด้วย RR หรือ RNR เฟรมพร้อมกับบิท P ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง

การรับ I เฟรมซึ่งบรรจุฟิลด์ข่าวสารที่มีความยาวเป็นศูนย์จะเป็นการรายงานถึงระดับต่อไปแต่ไม่มีฟิลด์ข่าวสารที่จะถ่ายโอน

3.4.4.3 การรับเฟรมที่ไม่อยู่ในลำดับ

เมื่อ I เฟรมที่รับได้พร้อมกับ FCS ถูกต้อง แต่ N(S) ของมันไม่แมทช์กับ V(R) ปัจจุบันของผู้รับ เฟรมควรจะถูกยกเลิก REJ เฟรมจะถูกส่งออกไปพร้อมกับ V(R) เท่ากับ I เฟรมสุดท้ายที่ได้รับครั้งสุดท้ายบวกหนึ่ง V(R) และบิท Poll ของเฟรมที่ยกเลิกควรจะได้รับการตรวจสอบถ้าจำเป็นก่อนที่จะทำการยกเลิกเฟรม

3.4.4.4 การรับเฟรมที่ไม่ถูกต้อง

เมื่อ DXE รับเฟรมพร้อมกับ FCS ที่ไม่ถูกต้องเฟรมที่ไม่ถูกต้องหรือเฟรมที่แอดเดรสไม่ถูกต้อง เฟรมนั้นควรจะถูกยกเลิก

3.4.4.5 การรับการตอบกลับ

เมื่อใดก็ตามที่ I หรือ S เฟรมที่รับได้ถูกต้องในขณะที่อยู่ในสภาวะไม่ว่าง N(R) ของเฟรมที่รับได้ควรจะได้รับการตรวจสอบดู

ถ้ารวมกับการตอบกลับของ I เฟรมที่ยังค้างส่งอยู่ เวลา T1 ควรจะยกเลิกไปถ้าเฟรมที่รับได้ตอบกลับมาจริงก่อนที่จะเกิดเฟรมที่ไม่ตอบกลับถ้าเวลา T1 ถูกยกเลิกและยังคงมีบางเฟรมซึ่งส่งออกไปแต่ไม่มีการตอบกลับ T1 ควรจะเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง ถ้าหมดเวลา T1 ก่อนที่จะได้รับการตอบกลับ อุปกรณ์ควรจะกระทำการส่งซ้ำ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

3.4.4.6 การรับการกำจัด

ขณะที่กำลังรับ REJ เฟรม DXE ที่กำลังส่งจะกำหนด V(S) ของมันให้มีค่าเหมือนกับ REJ N(C) ของผู้รับในฟิลด์ควบคุม DXE จะส่ง I เฟรมใดๆ ที่ยังคงค้างซ้ำต่อไปเท่าที่จะทำได้ตามความเหมาะสมดังต่อไปนี้

1. ถ้า DXE ไม่ได้ส่งอยู่ในขณะนั้นและช่องสัญญาณเปิดอยู่อุปกรณ์อาจจะเริ่มต้นส่ง I เฟรมโดนทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ถ้า DXE กำลังทำงานอยู่ในช่องสัญญาณฟูล-ดูเพล็กซ์โดยกำลังส่ง UI หรือ S เฟรม เมื่อได้รับ REJ เฟรม มันอาจประสบผลสำเร็จในการส่ง UI หรือ S เฟรมและทำการส่ง I เฟรมซ้ำ

3. ถ้า DXE กำลังทำงานอยู่ในช่องสัญญาณฟูล-ดูเพล็กซ์โดยกำลังส่ง I เฟรมอื่นๆ เมื่อมันได้รับ REJ เฟรมมันจะไม่ประสบผลสำเร็จในการส่ง I เฟรม และเริ่มต้นส่งใหม่ตามความต้องการ I เฟรมโดยทันที

4. DXE อาจส่ง I เฟรมที่ค้างอยู่ที่ถูกต้อง 1 เฟรมหรือมากกว่า 1 เฟรม ถ้า I เฟรมส่วนใหญ่ที่ติดตามครั้งแรกไม่ตอบกลับมา ทำให้จำนวนทั้งหมดที่ส่งออกไปไม่เกินโฟลคอนโทรลวินโดว์ (7 เฟรม)

ถ้า DXE รับ REJ เฟรมกับบิท Poll ซึ่งถูกเซ็ท มันควรจะตอบสนองด้วย RR หรือ RNR เฟรมอย่างใดอย่างหนึ่งกับบิท Final ซึ่งถูกกำหนดก่อนที่จะทำการส่ง I เฟรมที่ยังค้างอยู่ซ้ำ

3.4.4.7 การรับ RNR เฟรม

เมื่อใดก็ตามที่ DXE ได้รับ RNR เฟรม มันจะหยุดส่ง I เฟรมจนกว่าจะเคลียร์สภาวะไม่ว่างเรียบร้อยแล้วถ้าเวลา T1 ที่ตั้งไว้เริ่มต้นนับหลังจากได้รับ RNR เฟรม การรอคอยการตอบกลับควรได้รับการปฏิบัติ บิท Poll อาจจะใช้ร่วมกับ S เฟรม เพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงสภาวะของ DXE ที่ไม่ว่างออกไป

3.4.4.8 การส่งเพื่อแสดงว่าไม่ว่าง

เมื่อใดก็ตามที่ DXE อยู่ในสภาวะไม่ว่างมันจะแสดงสภาวะนี้โดยการส่งการตอบสนอง RMR ตามความเหมาะสมต่อไปขณะที่ DXE อยู่ในสภาวะไม่ว่าง มันอาจรับและกระทำกับ S เฟรมและถ้า S เฟรมที่รับได้มีบิท P ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่ง DXE จะส่ง RNR เฟรมพร้อมกับบิท F ซึ่งเซ็ทให้เป็นหนึ่งตามความเหมาะสมต่อไปเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อเคลียร์สภาวะไม่ว่าง DXE จะส่ง RR หรือ RNR เฟรมอย่างใดอย่างหนึ่งพร้อมกับ N (R) เท่ากับ V(R) ปัจจุบันขึ้นอยู่กับว่า I เฟรมที่ได้รับครั้งสุดท้ายจะรับได้จริงหรือไม่

3.4.4.9 การรอคอยการตอบกลับ

ถ้าเวลา T1 ที่ตั้งไว้เริ่มต้นนับเพื่อรอคอยการตอบกลับจาก DXE อื่นสำหรับ I เฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ที่ส่งออกไป DXE จะเริ่มต้นตั้งเวลา T1 ใหม่และส่งคำสั่งตรวจตราเฟรมที่เหมาะสม (RR หรือ RNR) พร้อมกับบิท P ซึ่งถูกเซ็ทถ้า DXE ได้รับการตอบสนองตรวจตราเฟรมที่ถูกต้องพร้อมกับบิท F ซึ่งถูกเซ็ทกับ N(R) ภายในผ่านจาก N(R) สุดท้ายที่ได้รับกับ N(S) ที่ส่งครั้งสุดท้ายลบด้วยหนึ่ง (N(S)-1) DXE จะเริ่มต้นตั้งเวลา T1 และจะกำหนดให้ V(S) เท่ากับ N(R) ที่ได้รับ มันอาจจะกลับเข้าสู่การส่ง I เฟรมหรือการส่งซ้ำถ้าในทางกลับกัน DXE ได้รับการตอบสนองของเฟรมตรวจตราที่ถูกต้องพร้อมกับบิท F ซึ่งไม่ได้เซ็ท หรือ I เฟรมหรือคำสั่ง S เฟรมและพร้อมกับ N(R) ภายในผ่านจาก N(R) สุดท้ายที่ได้รับจนถึง N(S) สุดท้ายที่ส่งลบด้วยหนึ่ง (N(S)-1) DTE จะไม่เริ่มต้นตั้งเวลา T1 แต่จะใช้ N(R) ที่ได้รับเป็นการแสดงการตอบกลับของ I เฟรม T1 แต่จะใช้ N(R) ที่ได้รับเป็นการแสดงการตอบกลับของ I เฟรม ที่ส่งออกไปจนถึง I เฟรม ซึ่งประกอบด้วยจำนวน N(R)-1

ถ้าเวลา T1 หมดเวลาก่อนที่จะได้รับการตอบสนอง S เฟรม พร้อมกับบิท F ซึ่งถูกเซ็ท DXE จะส่งคำสั่งตรวจตราเฟรมตามความเหมาะสม (RR หรือ RNR) พร้อมกับบิท P ซึ่งถูกเซ็ทหลังจาก N2 พยายามติดต่อกับการตอบสนอง S เฟรมพร้อมกับบิท F ซึ่งถูกเซ็ทโดย DXE อื่น DXE จะเริ่มต้นเชื่อมโยงตามขั้นตอนปฏิบัติที่ได้กำหนดไว้

3.4.5 สภาวะการกำจัดเฟรม

DXE จะเริ่มต้นขั้นตอนการรีเซ็ทเมื่อเฟรมที่ได้รับพร้อมกับ FCS ที่ถูกต้องและแอดเดรสฟิลด์ระหว่างสถานะการถ่ายโอนข่าวสารกับสภาวะใดสภาวะหนึ่งหรือมากกว่า ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ภายใต้สภาวะนี้ DXE จะสอบถาม DXE อื่น เพื่อรีเซ็ทการเชื่อมโยงโดยการส่งการตอบสนอง FRMR

หลังจากส่ง FRMR เฟรม DXE ที่กำลังส่งจะอยู่ในสภาวะการกำจัดเฟรม สภาวะนี้จะเคลียร์ก็ต่อเมื่อ DXE ซึ่งส่ง FRMR เฟรม ได้รับคำสั่ง SABM หรือ DISC หรือการตอบสนอง DM เฟรมคำสั่งอื่นใดที่ได้รับในขณะที่ DXE อยู่ในสภาวะกำจัดเฟรมจะเป็นเหตุให้ FRMR อื่นเพื่อส่งออกไปพร้อมกับฟิลด์ข่าวสารซึ่งเหมือนกับต้นฉบับที่ส่ง

ในสภาวะการกำจัดเฟรม จะไม่มีการส่ง I เฟรม และ I เฟรม และ S เฟรม ที่ได้รับจะถูกเลิกโดย DXE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DXE ซึ่งส่ง FRMR เฟรมจะเริ่มต้นนับเวลา T1 เมื่อ FRMR ถูกส่งออกไปถ้าไม่ได้รับ SABM หรือ DISC เฟรมก่อนที่จะหมดเวลา FRMR เฟรมจะถูกส่งซ้ำและเริ่มต้นนับเวลา T1 ใหม่ เช่นเดียวกับรายละเอียดในการรอคอยการตอบกลับที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้า FRMR ไม่สามารถส่งภายในเวลา N2 ได้การเชื่อมโยงจะถูกรีเซ็ท

3.4.6 การรีเซ็ทการปฏิบัติ

3.4.6.1 การรีเซ็ทการปฏิบัติจะใช้ทั้งสองทิศทางของการไหลของข้อมูลหลังจากที่ไม่มีการชดเชยการผิดพลาดที่เกิดขึ้น การรีเซ็ท การปฏิบัตินี้จะใช้ในสถานะการถ่ายโอนข่าวสารของการเชื่อมโยงแบบ AX.25 เท่านั้น

3.4.6.2 DXE จะเริ่มต้นรีเซ็ทการปฏิบัติเมื่อใดก็ตามที่มันได้รับการตอบสนอง UA เฟรม ที่ไม่คาดคิดหรือเฟรมตอบสนองที่ไม่ต้องการพร้อมกับบิท F ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่ง DXE อาจจะเริ่มต้นเช่นเดียวกับการรีเซ็ทการปฏิบัติจนได้รับ FRMR เฟรมในทางกลับกับ DXE จะตอบสนอง FRMR โดยการต่อปลายทางเข้ากับ DISC เฟรม

3.4.6.3 DXE จะรีเซ็ทการเชื่อมโยงโดยการส่ง SABM เฟรม และเริ่มต้นนับเวลา T1จนการรับSABMเฟรมจาก DXE ที่ต่ออยู่ก่อนเครื่องรับของ SABM เฟรมจะส่ง US เฟรมกลับมา ในเวลาใกล้เคียงกัน V(S) และ V(R) จะถูกเซ็ทให้เป็นศูนย์และหยุดนับเวลา T1 จนกว่ามีการส่ง SABM หรือ DISC ด้วยตนเอง ถ้า UA ที่ได้รับถูกต้องโดย DXE เริ่มแรกมันจะรีเซ็ท V(S) และ UA ที่ได้รับถูกต้องโดย DXE เริ่มแรกมันจะรีเซ็ท V(S) และ V(R) ของมันและหยุดนับเวลา T1 สภาวะไม่ว่างใดๆ ซึ่งเกิดขึ้นจะถูกเคลียร์เช่น เดียวกัน

ถ้าได้รับการตอบสนอง DM, DXE จะอยู่ในสภานะยกเลิกการติดต่อและหยุดนับเวลา T1 ถ้าเวลา T1 หมดเวลาก่อนที่จะได้รักการตอบสนอง UA หรือ DM เฟรม SABM จะถูกส่งซ้ำ และเริ่มต้นนับเวลา T1 ถ้าเวลา T1 นับเวลาจนถึงเวลา N2 DXE จะอยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อและสภาวะการเชื่อมโยงก่อนหน้านี้จะถูกเคลียร์ออกไป

คำสั่งและการตอบสนองอื่นๆ ที่ได้รับโดย DXE ก่อนที่การรีเซ็ทการปฏิบัติจะเสร็จสมบูรณ์จะถูกยกเลิก

3.4.6.4 DXE ตัวหนึ่งอาจต้องการที่จะรีเซ็ทการเชื่อมโยงกับ DXE อื่นโดยการส่งการตอบสนอง DM เฟรมหลังจาก DM เฟรมถูกส่งออกไป DXE ที่กำลังส่งจะอยู่ในสถานะยกเลิกการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7 การหาค่าพารามิเตอร์ของระบบ

3.4.7.1 การตั้งเวลา

เพื่อรักษาเสถียรภาพของการติดต่อ AX.25 ระดับ 2 ขอแนะนำให้ใช้การตั้งเวลาดังนี้

3.4.7.1.1 การตั้งเวลาในการตอบกลับ T1

T1 จะใช้เพื่อให้มั่นใจว่า DXE ไม่สามารถรอการตอบสนองเฟรมที่มันส่งออกไปได้ การตั้งเวลานี้ไม่สามารถแสดงในรูปของเวลาโดยประมาณได้ ตั้งแต่เวลาที่ต้องการส่งเฟรมปรับให้มากกว่าอัตราการส่งสัญญาณที่ใช้กับระดับ 1 T1 จะให้อย่างน้อยสองเท่าของเวลาที่ให้กับการส่งเฟรมที่มีความยาวที่สุดที่ไปยัง DXE อื่นและให้กับเฟรมที่ตอบกลับมาจาก DXE อื่น เวลาที่กำหนดนี้สำหรับ DXE อื่น เพื่อทำการประมวลผลก่อนที่จะมีการตอบสนอง

ถ้าใช้รีพีสเตอร์ระดับ 2 ค่าของ T1 จะต้องปรับให้เข้ากับจำนวนของรีพีสเตอร์ที่จะถ่ายทอดเฟรมตลอดเส้นทาง

3.4.7.1.2 การตั้งเวลาการตอบสนองล่าช้า T2

T2 อาจจะสนับสนุนโดย DXE เพื่อกำหนดจำนวนสูงสุดของความล่าช้าที่นำเข้ามาระหว่างเวลาที่รับ I เฟรมและเวลาที่เป็นผลการตอบสนองเฟรมที่ถูกส่งออกไปความล่าช้านี้อาจจะนำมากำหนดการรับของ DXE เมื่อรอระยะเวลาสั้นๆ เพื่อหาค่าถ้ามีมากกว่า 1 เฟรมที่จะส่งให้กับมัน ถ้าเฟรมที่รับได้ส่วนใหญ่ DXE สามารถตอบกลับได้ตั้งแต่ 1 (จนถึง 7) หลังจากการตอบกลับแต่ละเฟรมการตั้งเวลา T2 ไม่ใช่คำสั่งแต่เป็นข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขประสิทธิภาพของช่องสัญญาณข้อควรจำก็คือช่องสัญญาณแบบฟูล-ดูเพล็กซ์ การตอบกลับไม่ควรจะล่าช้าเกิน k/2 เฟรมเพื่อทำให้ประสบผลสำเร็จสูงสุดโดยตลอด ค่าพารามิเตอร์ k หาได้จากหัวข้อต่อไป

3.4.7.1.3 การตั้งเวลาการเชื่อมโยง T3

T3 จะใช้เมื่อ T1 ไม่สามารถนับได้เพื่อรักษาการเชื่อมโยงไว้เป็นข้อเสนอแนะว่าเมื่อใดที่มี I เฟรมหรือบิท P เฟรมไม่ตอบกลับมา (ระหว่างที่อยู่ในสถานะการถ่ายโอนข่าวสาร) RR หรือ RNR เฟรมกับบิท P ซึ่งถูกเซ็ทให้เป็นหนึ่งถูกส่งออกทุกๆ เวลา T3 หน่วยเพื่อกำหนดสถานะของ DXE อื่น ระยะเวลาของ T3 หาได้จากภายในและขยายได้มากที่สุดเมื่อทำงานในระดับ 1 T3 ควรจะมากกว่า T1 และอาจจะใหญ่มากบนช่องสัญญาณของเวลาสูงสุดรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.7.2 จำนวนสูงสุดของการรีไทร์ (N2)

จำนวนสูงสุดของการรีไทร์จะใช้ร่วมกับการตั้งเวลา T1

3.4.7.3 จำนวนสูงสุดของ octet ใน I ฟิลด์ (N1)

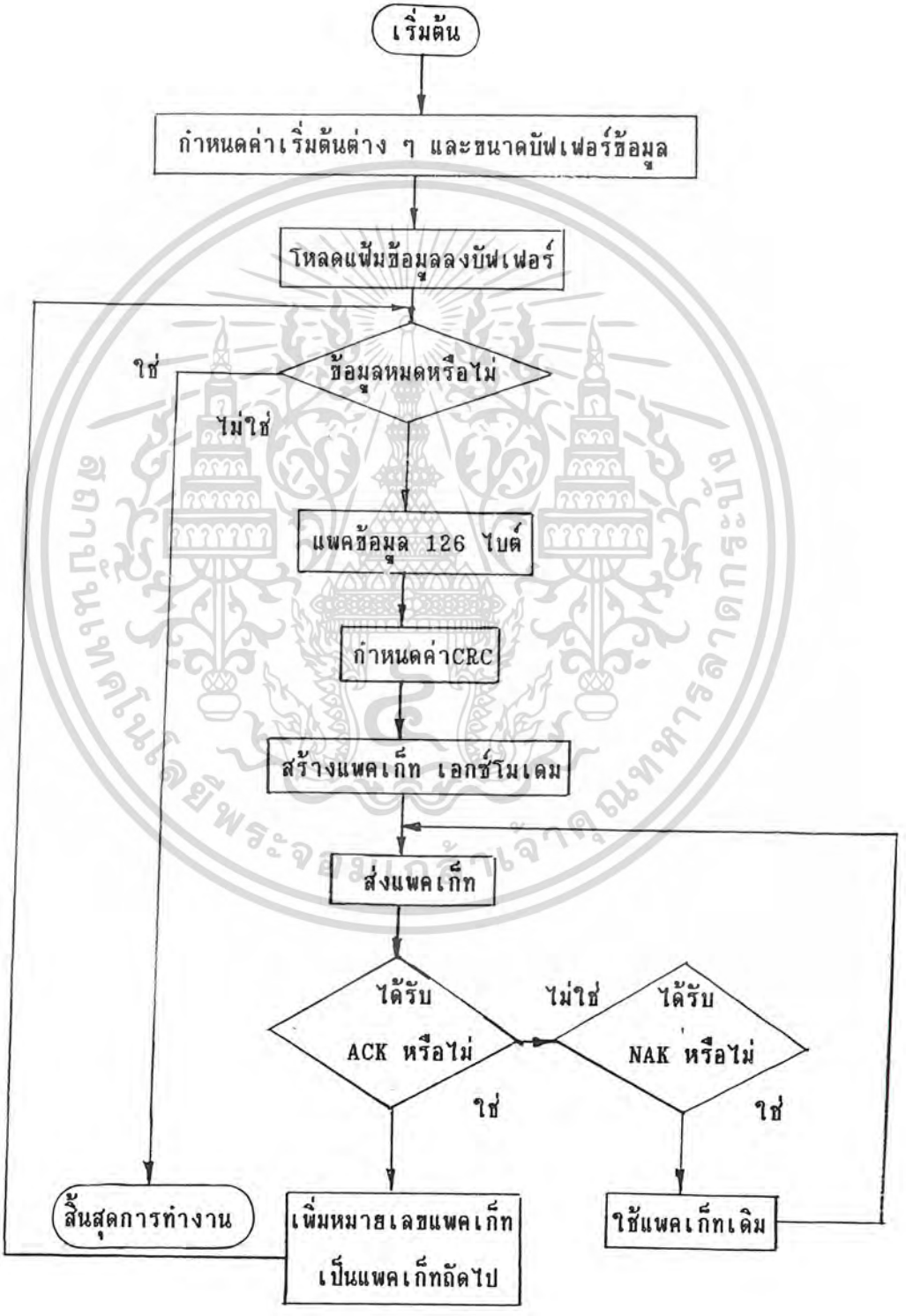
จำนวนสูงสุดของ octet ที่อนุญาตใน I ฟิลด์ จะเท่ากับ 256 เช่นเดียวกับจำนวนทั้งหมดของ octet

3.4.7.4 จำนวนสูงสุดของ I เฟรมที่ค้างได้ (k)

จำนวนสูงสุดของ I เฟรมที่ค้างได้ที่เวลาใดๆ ก็คือ 7 เฟรม

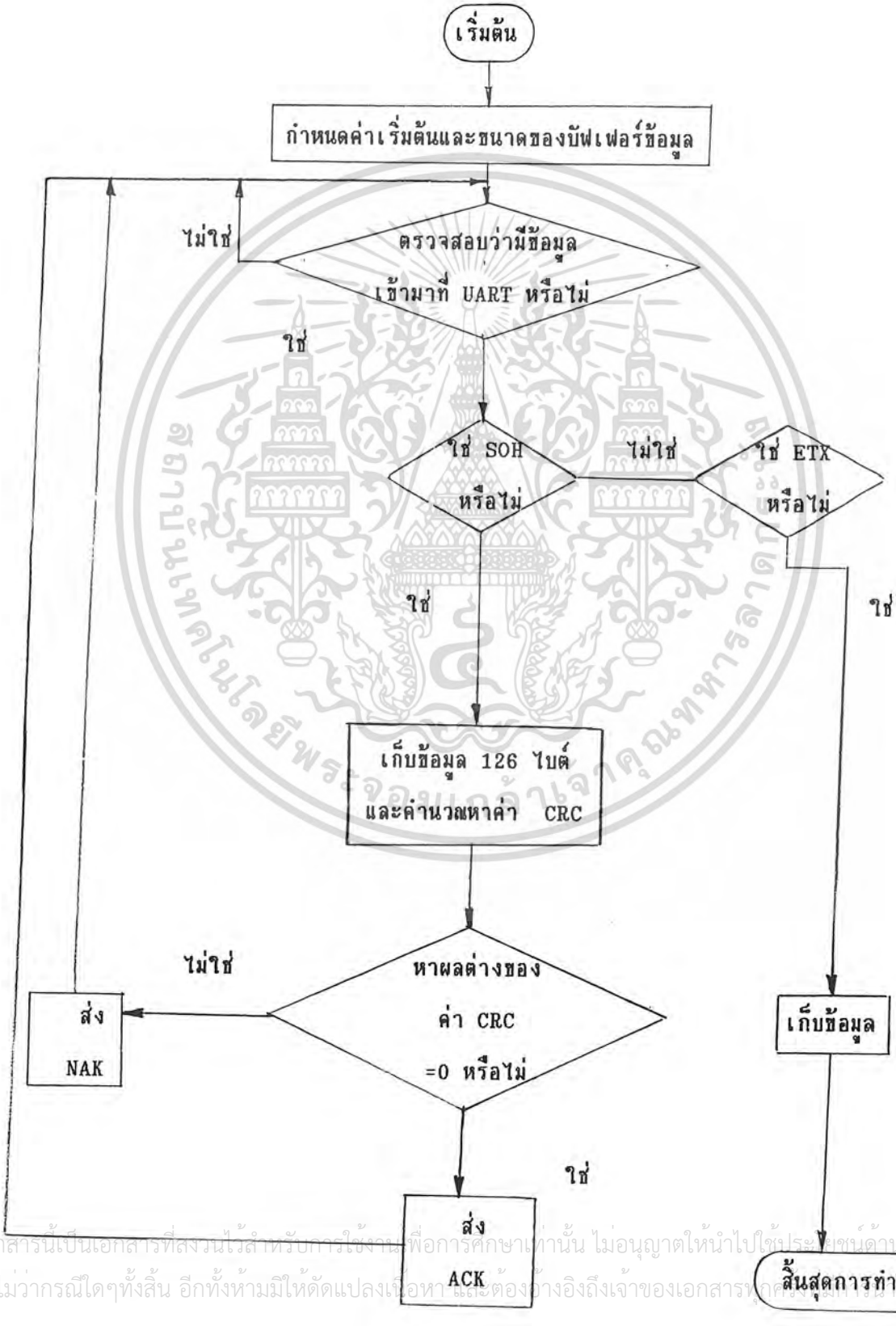
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Flow Structure โปรแกรมส่งข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 Flow Structure โปรแกรมรับข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การติดตั้ง

4.1.1 การต่อ TNC กับ Computer

โดยการต่อ TNC เข้ากับพอร์ท RS-232C ซึ่งอยู่ด้านหลังโดยใช้คอนเน็คเตอร์ตัวเมีย D-SUB 25 ขา โดยแต่ละขาของพอร์ท RS-232C มีรายละเอียดดังนี้

	ชื่อ	จุดประสงค์
ขาที่ 1	FG	กราวด์ (แท่นเครื่อง)
ขาที่ 2	TXD	สัญญาณอินพุทจากคอมพิวเตอร์ไป TNC
ขาที่ 3	RXD	สัญญาณเอาท์พุทจาก TNC ไปคอมพิวเตอร์
ขาที่ 4	RTS	สัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ไป TNC
ขาที่ 5	CTS	สัญญาณควบคุมจาก TNC ไปคอมพิวเตอร์
ขาที่ 6	DSR	+8V.
ขาที่ 7	SG	กราวด์ (สัญญาณ)
ขาที่ 8	DCD	+8V.
ขาที่ 9	-	+8V.
ขาที่ 10	-	-8V.
ขาที่ 20	DTR	สัญญาณควบคุมจาก TNC ไปคอมพิวเตอร์
ขาที่ 21	-	ใช้เมื่อ NET/ROM ถูกใช้งานเพื่อขยายโนด

4.1.2 การต่อ TNC กับเครื่องรับส่งวิทยุ

การต่อเครื่องรับส่งที่ดังต่อไปนี้

1. เครื่องรับส่งประจำที่ (BASE) หรือเคลื่อนที่ (MOBILE)
2. เครื่องรับส่งประจำที่หรือเคลื่อนที่ที่ต้องการการต่อแบบพิเศษ
3. เครื่องรับส่งมือถือ
4. เครื่องรับส่งมือถือที่ต้องการการต่อแบบพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 การต่อกับเครื่องรับส่งประจำที่หรือเคลื่อนที่

การต่อระหว่างเทอร์มินอล RADIO ที่อยู่ด้านหลังของ TNC และเทอร์มินอล MIC ของเครื่องรับส่งกระทำได้โดยใช้คอนเน็คเตอร์ RADIO ซึ่งเป็นแบบ 5 ขา ซึ่งแต่ละขามีรายละเอียดดังนี้

TNC		เครื่องรับส่ง
ขาที่	หน้าที่	
1	AFSK OUTPUT	MIC
2	GND	GND
3	PTT	PTT
4*1	RX.IN	SP.OUT
5*2	SQ(ระดับต่ำ)	SQ
6(E)	Shield	GND

*1 ..... RX.IN (สัญญาณอินพุทที่รับเข้ามา)

ขานี้จะนำสัญญาณอินพุทความถี่เสียงจากเครื่องรับส่งไปยัง TNC ถ้าเครื่องรีบส่งไม่มี SP.OUT บนเทอร์มินอลของไมโครโฟน สัญญาณความถี่เสียงควรจะนำมาจาก EXT.SP หรือ JACK หูฟังบนเครื่องรับส่งหรืออาจจะต่อระหว่าง JACK SP.IN บน TNC กับ EXT.SP บนเครื่องรับส่งโดยใช้สายเคเบิ้ลที่ปลายทั้งสองด้านเป็นปลั๊กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มม.

*2 .... SQ (สัญญาณ Squelch)

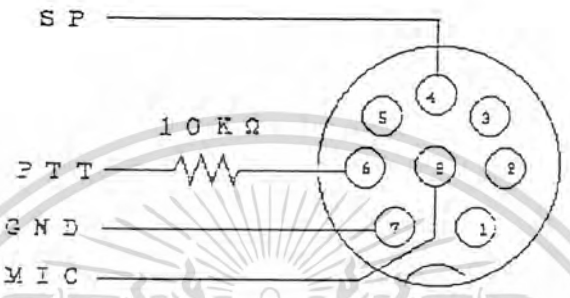
TNC สามารถทำงานได้ตามปกติถ้าสัญญาณ SQ ไม่ได้ต่อเข้ากับขานี้ การต่อขานี้ก็เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการส่ง PACKETS ระหว่างที่ติดต่อกันด้วยสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบข้อความนี้ออกจากงานดิจิทัลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

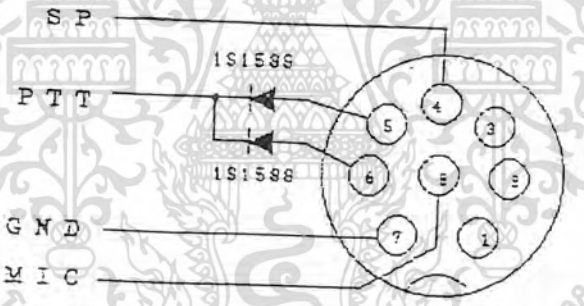
4.1.2.2 การต่อกับเครื่องรับส่งประจำที่หรือเคลื่อนที่โดยการต่อแบบพิเศษ

ในบางครั้งเครื่องรับส่งที่ผลิตโดยบริษัท YAESU อาจจะต้องเพิ่มรีซิสเตอร์หรือไดโอดเข้าไปด้วยดังรูปข้างล่างนี้

(1) การต่อรีซิสเตอร์ค่า 100 K โอห์ม เข้ากับขา PTT ของเครื่องรับส่ง



(2) ต่อไดโอด 151588 เข้ากับขา PTT ของเครื่องรับส่ง



4.1.2.3 การต่อกับเครื่องรับส่งมือถือ

โดยใช้ RADIO เคเบิ้ลที่มีปลั๊กทั้งสองด้านเป็นตัวผู้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มม. และ 3.5 มม. ในกรณีที่ใช้กับเครื่องรับส่งมือถือ YAESU, ICOM และ STANDARD

SP IN

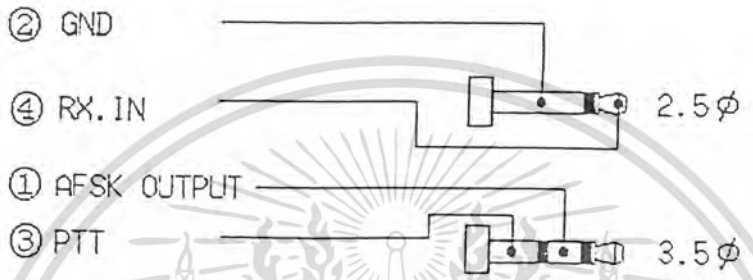
MIC/PTT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 การต่อกับเครื่องรับส่งมือถือที่ต้องการการต่อแบบพิเศษ

1. การต่อกับเครื่องรับส่งมือถือ KENWOOD

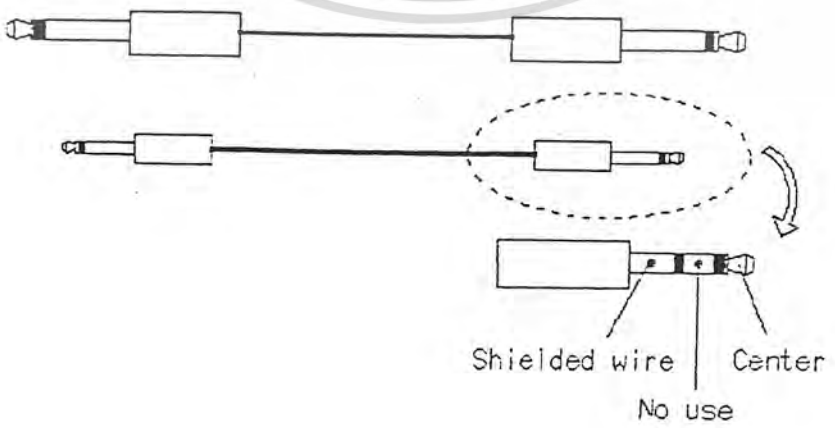
โดยใช้คอนเน็คเตอร์แบบ 5 ขา DIN ต่อเข้ากับปลั๊กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มม. และปลั๊กแบบสเตอริโอขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5 มม. โดยต่อกันดังรูปข้างล่างนี้



หลังจากประกอบสายเคเบิ้ลเสร็จแล้ว ให้ต่อสายเคเบิ้ลเข้ากับพอร์ท RADIO ที่อยู่บน TNC

2. การต่อกับเครื่องรับส่งมือถือ ALINCO

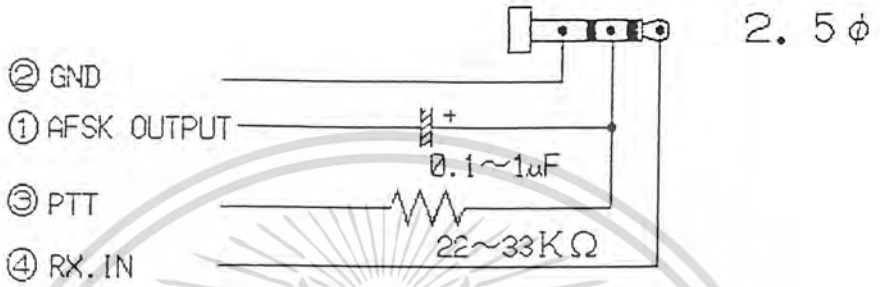
ถ้าเครื่องรับส่งที่จ่ายไฟ +5V ให้กับเทอร์มินอลของโมโครโฟนให้ใช้สายเคเบิ้ลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มม. (ทั้งสองด้าน) โดยการเปลี่ยนปลั๊กด้านหนึ่งให้เป็นปลั๊กแบบสเตอร์โอดังรูปข้างล่างนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การต่อกับเครื่องรับส่งมือถือ ALINCO รุ่นอื่นๆ

โดยการใช้คอนเน็คเตอร์แบบ 5 ขา DIN. ต่อกับปลั๊กสเตอริโอขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 มม. และต่อเข้ากับปลั๊ก RADIO ดังรูปข้างล่างนี้



ข้อสังเกตุในการใช้งานเครื่องรับส่งมือถือ

1. ถ้าเครื่องรับส่งอยู่ในโหมดของการประหยัดพลังงาน ควรจะปิดสวิทช์เพื่อหลีกเลี่ยงการ RETRY ของ TNC เพิ่มการทำงานขึ้นถ้าเครื่องรับส่งไม่สามารถปิดสวิทช์ได้ควรจะเซ็ทค่าสั่ง SOFTDCD ให้ ON

2. ถ้าเครื่องรับส่งมือถือใช้ฟังก์ชั่น VOX ควรจะปิดสวิทช์เช่นเดียวกัน

3. การ RETRY ของ TCN อาจจะเพิ่มขึ้นในกรณีของการ OVER MODULATION ทาง AFSK เอาท์พุทโดย TNC กรณีนี้ให้ปรับ VR_1 ซึ่งอยู่บน P.C.B. โดยการหมุนทวนเข็มนาฬิกาจากระดับเดิมเล็กน้อย

4.2. การเซ็ทอัพ

4.2.1 การเซ็ทอัพคอมพิวเตอร์

ใช้สายเคเบิ้ล RS-232C ต่อ TNC เข้ากับคอมพิวเตอร์หลังจากนั้นให้เซ็ทอัพซอร์ฟ-แวร์สำหรับการติดต่อสื่อสารและเซ็ทอัพแต่ละค่าให้สัมพันธ์กับพารามิเตอร์ทองคำสั่งดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Band rate	1200 bps
Data length	7 bit
Stopbit	1 bit
Parity	None
x-Flow	ON
Echo-Back	None
Transmit CR Code	CR
Receive CR Code	CR+LF

4.2.2 การเซ็ทอัพเครื่องรับส่ง

4.2.2.1 การเซ็ทโมด ควรจะเซ็ทให้อยู่ในโมดของ FM ถ้าเครื่องรับส่งที่ใช้เป็นแบบ All-mode

4.2.2.2 การเซ็ทระดับเอาท์พุทของเสียง

1. ต่อ TNC เข้ากับเครื่องรับส่ง

2. เปิดสวิทช์ POWER ของเครื่องรับส่งและ TNC และหมุน Squelch วอลลุ่มทวนเข็มนาฬิกาจนสุด

3. หมุนวอลลุ่มเสียงตามเข็มนาฬิกาจนกระทั่ง DCD-LED บน TNC สว่างและหมุนวอลลุ่มตามเข็มนาฬิกาเลยตำแหน่งที่ DCD-LED สว่างไปเล็กน้อย

4.2.2.3 การตั้งระดับ Squelch

1. หมุน Squelch วอลลุ่มทวนเข็มนาฬิกาจนสุด

2. หมุนSquelchวอลลุ่มตามเข็มนาฬิกาจนกระทั่งDCD-LED บน TNC สว่างและหมุนวอลลุ่มตามเข็มนาฬิกาเลยตำแหน่งที่ DCD-LED สว่างไปเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การเซ็ทอัพ TNC

4.2.3.1 การตั้งระดับ AFSKเอาท์พุท

ควรจะปรับระดับตามความต้องการ AFSK เอาท์พุทโดยขึ้นอยู่กับเครื่องรับส่งซึ่งสามารถกระทำได้โดยการปรับ VR1 (AFSK Level) ซึ่งอยู่บน P.C.B ของ TNC การปรับ VR1 ทวนเข็มนาฬิกาจะทำให้ได้เอาท์พุทต่ำๆและปรับตามเข็มนาฬิการะดับเอาท์พุทจะเพิ่มขึ้นโดยแนะนำให้ปรับระดับเอาท์พุทให้อยู่ในระดับต่ำ

4.2.3.2 การตั้งระยะเวลาของการส่ง PACKET

TNC สามารถปรับระยะเวลาการส่ง PACKET โดยใช้คำสั่ง TXDELAY ตั้งแต่ 0-120 (x 10 วินาที) ขึ้นอยู่กับเครื่องรับส่งจะทำให้เวลาของการสวิชซิ่งจาก RX ไปเป็น TX มีค่ามากกว่าปกติ ซึ่งสามารถตั้งโปรแกรมได้โดยใช้คำสั่ง TXDELAY เช่น ในกรณีต้องการเปลี่ยนค่าให้ระยะเวลาในการดีเลย์เพิ่มขึ้น ซึ่งเกี่ยวข้องกับเวลาในกรณีของการใช้ลิเนียร์แอมปลิไฟเออร์กับเครื่องรับส่ง

4.2.3.3 กรณีของการใช้เครื่องรับส่งในสภาวะ Squelch OFF จะต้องใช้คำสั่ง SOFT DCD ให้ ON (โดยปกติจะ OFF)

4.3. <u>การเตรียมการก่อนการทดลอง</u>

4.3.1 Sign-ON message

เซ็ทอัพคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งการติดต่อสื่อสารเสร็จแล้วเปิดสวิชซ์ TNC ข้อความต่อไปนี้จะปรากฏบนจอแสดงผล

xxxxx Packet Radio TNC-xxx

AX.25 Level 2 Version 2.0

Release 1.1.5TE xx-xxx-xx

Massage Board Ver x.xx

Checksum $xx

เมื่อเปิดสวิทซ์ TNC LED ของ POWER, STA และ CON. จะติดสว่างอยู่ชั่วขณะหลังจากนั้น 1 วินาที LED-STA และ CON จะดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การเซ็ทอัพคำสั่งพื้นฐาน

4.3.2.1 MYCALL

คำสั่งนี้จะเป็นการกำหนดสัญญาณเรียกขานและจำเป็นอย่างยิ่งในการเซ็ทอัพ ถ้าต้องการเซ็ทอัพสัญญาณเรียกขาน ABCDE บนคำสั่ง MYCALL จะต้องพิมพ์

cmd : MY<>ABCDE<CR>

<> เป็นเครื่องหมายเว้นวรรค

<CR> เป็น Carriage Return เพื่อยืนยันข้อความที่ต้องการใส่เข้าไป

4.3.2.2 การตั้งเวลาวัน เดือน ปี

กระทำได้โดยใช้คำสั่ง DA ถ้าต้องการตั้งเวลาปัจจุบันคือ 21:15, MAR 16, 1994 จะต้องพิมพ์

cmd : DA<>940316211500 <CR>

94 คือ ปี

03 คือ เดือน

16 คือ วัน

21 คือ ชั่วโมง

15 คือ นาที

00 คือ วินาที

4.3.3 การเซ็ทอัพ Message Board

Message Board เป็นฟังก์ชั่นการทำงานชนิดหนึ่ง เช่น เดียวกับการใช้ Bulletin Board และสามารถทำงานได้โดยไม่เกี่ยวข้องกับสถานะของ MYCALL

Message Board มีพื้นที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลได้ 13,000 ตัวอักษรโดยประมาณและข้อความที่เก็บไว้มีแบคเตอรี่ Back-up ภายในเมื่อปิดสวิทช์ TNC

4.3.3.1 คำสั่งสำหรับใช้งาน Message Board

โดยการใช้คำสั่ง MBOD ให้ ON โดยการพิมพ์

cmd : MB<>ON

MBOD was OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.4 การเปลี่ยนจาก Coverse Mode ไปเป็น Command Mode กระทำได้โดยการกดคีย์ CTRL+C

4.4.2 การติดต่อกับสถานีที่ต้องการติดต่อด้วย

ถ้าต้องการติดต่อกับ FGHIJ ; จะต้องพิมพ์

cmd : C < > FGHIJ <CR>

ถ้าการติดต่อกันโดยคลื่นวิทยุเชื่อมโยงกันได้สำเร็จ TNC จะส่งสถานะการติดต่อไปยังเทอร์มินอลและข้อความ "*** CONNECTED TO FGHIJ" จะปรากฏขึ้นบนจอแสดงผลและ CON-LED จะติดสว่าง หลังจากนั้นพิมพ์ข้อความและกด <CR> ข้อความจะถูกส่งออกไปถึง FGHIJ และสามารถรับข้อความและเห็นได้จากจอแสดงผลถ้าหาก FGHIJ กระทำเช่นเดียวกัน

4.4.3 การยกเลิกการติดต่อ

กระทำได้โดยการกด CTRL+C ดังนั้น TNC จะสั่งความต้องการในการยกเลิกการติดต่อไปยัง FGHIJ และจะทำการยกเลิกการติดต่อและข้อความ "DISCONNECTED จะปรากฏบนจอแสดงผล CRT

4.4.4 ถ้าสถานีที่ต้องการติดต่อด้วยไม่อยู่หรือไม่มีสัญญาณ PACKET ไปยังสถานีที่ต้องการนั้นเนื่องจากpropagation TNC จะพยายามในการติดต่อและจนถึงค่าสุดท้ายที่เซ็ทในคำสั่ง RETRY

ถ้าการติดต่อโดยคลื่นวิทยุไม่สามารถเชื่อมโยงกันได้ในขณะที่นับ RETRY TNC จะยกเลิกการกระทำ RETRY และจะส่งข้อความต่อไปนี้ไปยังเทอร์มินอล

*** retry count exceeded

*** DISCONNECTED

4.4.5 ถ้าสถาที่ที่ต้องการติดต่อด้วยไม่ว่างกำลังติดต่ออยู่กับสถานีที่อื่นหรือไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการติดต่อสื่อสารได้ด้วยเหตุผลบางประการ TNC จะส่งข้อความต่อไปนี้ไปยังจอแสดงผล

FGHIJ is busy

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้คือ

5.1 Sign-ON message ไม่ปรากฏบนจอแสดงผลเมื่อเปิดสวิทช์ TNC

5.1.1 ตรวจสอบสายเคเบิ้ลทุกเส้นว่าต่ออยู่ถูกต้องหรือไม่

5.1.2 ตรวจสอบโปรแกรมที่ใช้ติดต่อสื่อสารว่าเซ็ทอัพถูกต้องหรือไม่

5.1.3 ตรวจสอบการต่อของสายเคเบิ้ล RS-232C ถูกต้องหรือไม่

5.2 การทำงานของคอมพิวเตอร์ไม่ปกติเป็นบางครั้ง

ตรวจสอบโปรแกรมการติดต่อสื่อสารที่ใช้ควบคุมรหัสที่ใช้กับ TNC

5.3 ไม่สามารถควบคุม TNC ได้

แนะนำให้รีเซ็ท TNC เพื่อให้อยู่ในสถานะ Default เพื่อคำสั่ง RESET ถูกกระทำ พารามิเตอร์ของทุกคำสั่งจะมีค่าเป็น Default ดังนั้นควรตั้งโปรแกรมค่าพารามิเตอร์ของคำสั่งใหม่

5.4 คำสั่งที่ใส่เข้าไปเมื่อเปิดสวิทช์ TNC จะถูกปฏิบัติครั้งเดียวเท่านั้นหลังจากนั้นจะปรากฏ "?EH" เมื่อใส่คำสั่งเข้าไป

อาจเกิดจากการเซ็ทอัพโปรแกรมในการติดต่อสื่อสารไม่ถูกต้องพยายามเปลี่ยน transmit CR code เป็น "CR" เท่านั้น

5.5 ในขณะที่รับบรรทัดหนึ่งจะเปลี่ยนเมื่อได้รับ CR code พยายามเปลี่ยน receive CR code ให้เป็น CR+LF

5.6 ตัวอักษรซ้อนกันเมื่อตัวอักษรที่ใส่เข้าไปโดยทางคีย์บอร์ดพยายามเปลี่ยน Echo back เป็น OFF

5.7 ส่วนหัวของข้อมูลที่ได้รับสูญหายไป เมื่อ CR ถูกกระทำ

5.7.1 อาจเกิดขึ้นเมื่ออัตราบอดของ RS-232C ต่ำมากแนะนะให้อัตราบอดของ RS-232C อยู่ที่ 1200 bps หรือเร็วกว่า

5.7.2 ดูคำสั่งควบคุม XON/OFF ถูกเซ็ทให้ OFF หรือ ไม่ถ้าใช่ให้เปลี่ยนเป็น ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา หรือนำไปเผยแพร่ต่อ

5.7.3 อาจเกิดขึ้นเมื่อความเร็วของคอมพิวเตอร์ต่ำ

กรณีนี้ให้พยายามเปลี่ยนคำสั่งของ NUCR เป็น ON และ NULLS เป็น 5-10

5.8 TNC ไม่สามารถตรวจสอบ PACKET ได้

5.8.1 DCD-LED ไม่ติดเมื่อรับ PACKET ได้ตรวจสอบการต่อระหว่าง TNC กับเครื่องรับส่ง

5.8.2 ระดับความถี่เสียงอินพุทจากเครื่องรับส่งต่ำปรับระดับความถี่เสียงเอาท์พุทของเครื่องรับส่ง

5.9 TNC ไม่สามารถทำการติดต่อได้

5.9.1 สถานะของการต่อกับเครื่องรับส่งเป็นอย่างไร ตรวจสอบการต่อกับเครื่องรับส่ง

5.9.2 PTT ของเครื่องรับส่งไม่สามารถกระทำได้ขณะที่ PTT-LED บน TNC สว่าง

5.9.2.1 ตรวจสอบการต่ออีกครั้งถ้าการต่อถูกต้องให้ตรวจสอบคู่มือการทำงานสำหรับเครื่องรับส่งเกี่ยวกับการทำงานของ PTT

5.9.2.2 ส่วนหัวของ PACKET ถูกกีดขวางหรือไม่ ให้ปรับระยะเวลาในการส่งโดยคำสั่ง TXDELAY

5.9.2.3 สัญญาณ PACKET ถูกรบกวนโดยสัญญาณที่ส่งออกไปจากเครื่องรับส่งหรือไม่ตรวจสอบการต่อ AFSK-OUT จาก TNC และ MIC บนเครื่องรับส่ง

5.9.2.4 สัญญาณ PACKET เกิด OVER MODULATION หรือไม่ให้ปรับ VR3 (OVER MODULATION) บน TNC ทวนเข็มนาฬิกา

5.9.2.5 ไม่สามารถติดต่อกับสถานีที่ต้องการได้อาจเกิดจากสถานีที่ต้องการติดต่อด้วยอยู่ไกล กรณีนี้ควรติดต่อกับสถานีที่ต้องการติดต่อโดยทาง Digi Peater

5.9.2.6 สัญญาณเรียกขานของ MYCALL และ MYMCALL เหมือนกันหรือไม่เมื่อมีการเซ็ทสัญญาณเรียกขานสำหรับ MYMCALL, ควรจะรวม SSID เข้าไปใน MYCALL

5.10 PTT-LED บน TNC ไม่สว่างและไม่มีการส่ง PACKET

5.10.1 PTT จะไม่ ON เมื่อคำสั่ง XMITOK ถูก OFF ถ้า XMITOK ถูก OFF ให้ตรวจสอบ MYCALL ของสัญญาณเรียกขานที่ใส่เข้าไป XMITOK จะ ON โดยอัตโนมัติเมื่อ MYCALL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกใส่เข้าไป

5.10.2 ไม่สามารถส่งแบบ CQ ได้ ให้ตรวจสอบสถานะของคำสั่ง TXUIFRAM ถ้าคำสั่งนี้ถูก OFF ควรจะเซ็ทให้เป็น ON

5.11 DCD-LED ติดสว่างตลอดเวลาและไม่มีการส่ง PACKET

TNC จะทำให้ DCD-LED สว่าง เมื่อขา 5 และขา 6 ของ RADIO ต่อลงกราวด์ ให้ตรวจสอบการต่อ

5.12 ไม่สามารถกระทำกับ Message Board ได้

5.12.1 ตรวจสอบคำสั่ง MBOD ให้เป็น ON

5.12.3 ตรวจสอบคำสั่ง MYMCALL ว่ามีสัญญาณเรียกขานใส่เข้าไปหรือไม่

5.13 ไม่มีวันเวลาแสดงบน Message Board

ตรวจสอบคำสั่ง DA ว่ามีวันเวลาใส่เข้าไปหรือไม่

5.14 เกิด Retry บ่อยๆ

5.14.1 ถ้าเครื่องรับส่งทำงานอยู่ในโมดของการประหยัดพลังงาน ให้ OFF ถ้าไม่สามารถเซ็ทให้ OFF ได้ควรใช้คำสั่ง SOFTDCD โดยการเซ็ทให้เป็น ON และวอลลุ่ม Squelch บนเครื่องรับส่งควรจะปรับให้ทวนเข็มนาฬิกาจนสุด

5.14.2 TNC ทำงานโดยเกิดการ OVER-MODULATION หรือไม่ ถ้าใช่ให้ปรับ VR2 (MODULATION VOLUME) บน TNC ทวนเข็มนาฬิกาเพื่อทำให้การ MODULATION อยู่ในระดับต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

```
{$M 3000,0,0}
(*=========================================================================*)
program comlib;
(*=========================================================================*)
{interface}
{**********}
uses  Dos, Crt;
Const
          TotalScrByte  =  3999;       { screen byte }
          {----- ASCII Code -----}
          Esc     = #27;
          BS      = #08;
          Ret     = #13;
          Null    = #00;
          {----- Keyboard Scan Code -----}
          Home    = #71;
          Up      = #72;
          PgUp    = #73;
          Left    = #75;
          Right   = #77;
          Endd    = #79;
          Down    = #80;
          PgDn    = #81;
          {----- Max choice of menu -----}
          MaxChoice = 08;
          {----- Attribute -----}
          normal    = $07;
          intense   = $0F;
          int_blk   = $8F;
          blink     = $87;
          underline = $01;
          int_line  = $09;
          reverse   = $70;
          rev_blk   = $F0;
          rev_int_blk = $F8;
Type
          MsgStr = string[60];
          ScreenType =  array [0..TotalScrByte] of byte;
          MenuRec = record
                      row, col : byte;
                      Choice   : string[20];
                      Msg      : MsgStr;
                      First    : char;      {First char of choice}
                    end;
          MenuType = record
                       List : array [1..MaxChoice] of MenuRec;
                       Last : byte;         {count menu choice}
                     end;
          StatArr =  array [0..21] of byte;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
var         OldStatus : StatArr;
            MsgLine   : 0..25;
            ScrSeg    : word;
            ScrPtr    : pointer;
            Attr      : byte;
            WindowOpen: boolean;   { Directory window has been opened }
            Scr       : ScreenType;

(*-------------------------------------------------------------------------*)
{***************}
{implementation}
{***************}
var
   regs : registers;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure SaveAttr;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
begin
     Attr := TextAttr;
end;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure SetAttr(Color: byte);
(*-------------------------------------------------------------------------*)
begin
     TextAttr := Color;
end;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure RestoreAttr;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
begin
     TextAttr := Attr;
end;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure SetCursor ( Start, Endding : byte);
(*-------------------------------------------------------------------------*)
{ Int 10H, Function 01H                                                   }
{ select the starting and endding lines for cursor (Text mode)            }
{ CH = starting line for cursor   ( default = 11 )                        }
{ CL = endding  line for cursor   ( default = 12 )                        }
{ Hide   cursor :- SetCursor(15,15)                                       }
{ Normal cursor :- SetCursor(11,12)                                       }
{---------------------------------------------------------}
begin
     regs.AH := $01;
     regs.CH := Start;
     regs.Cl := Endding;
     intr($10,regs);
end; {SetCursor}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure CursorOff;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
begin
     SetCursor(15,15);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure CursorOn;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
begin
    SetCursor(11,12);
end;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
procedure Box ( x1,y1,x2,y2,L : integer);
(*-------------------------------------------------------------------------*)
var  i,m,n   : integer;
    ul,h,ur,v,lr,ll : char;
begin
    case L of  { border line }
    0: begin   { erase box }
         for m := y1 to y2 do
         begin
           gotoXY(x1,m);
           for n := x1 to x2 do write(' ');
         end;
         exit;
       end;
    1: begin  ul := chr(218);  h  := chr(196);  ur := chr(191);
              v  := chr(179);  lr := chr(217);  ll := chr(192);
       end;
    2: begin  ul := chr(201);  h  := chr(205);  ur := chr(187);
              v  := chr(186);  lr := chr(188);  ll := chr(200);
       end;
    end; {case}

    { clear box background }
    for m := y1 to y2 do
    begin
     gotoXY(x1,m);
     for n := x1 to x2 do write(' ');
    end;

    gotoXY(x1,y1);
    if x1 = x2 then  { vert. line }
       begin
         n := y2 - y1;
         for i := 0 to n do
             begin gotoXY(x1,y1+i); write(v); end;
       end
    else if y1 = y2 then  { horz. line }
           begin
             n := x2 - x1;
             for i := 0 to n do write(h);
           end
         else
           begin
                m := x2 - x1 - 1;
                n := y2 - y1 - 1;
                write(ul);
                gotoXY(x1,y2); write(ll);
                for i := 1 to m do
                begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    gotoXY(x1+i,y1); write(h);
                    gotoXY(x1+i,y2); write(h);
                end;

                gotoXY(x2,y1); write(ur);
                gotoXY(x2,y2); write(lr);
                for i := 1 to n do
                begin
                    gotoXY(x1,y1+i); write(v);
                    gotoXY(x2,y1+i); write(v);
                end;
            end;
end; {Box}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure Prompt (var Menu : MenuType;
                  col,row : byte;  Choice, Msg : MsgStr);
(*-------------------------------------------------------------------------*)
var  idx     : byte;
begin
     inc(Menu.Last);
     idx := Menu.Last;
     Menu.List[idx].row    := row;
     Menu.List[idx].col    := col;
     Menu.List[idx].Choice := Choice;
     Menu.List[idx].Msg    := Msg;
     Menu.List[idx].First  := Upcase(Choice[1]);
     TextAttr := normal;
       gotoXY(col,row); write(Choice);
     TextAttr := intense;
       gotoXY(col,row); write(Choice[1]);
     TextAttr := normal;
end; {Prompt}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure ClrPrompt( var Menu : MenuType;  var Pick : byte);
(*-------------------------------------------------------------------------*)
begin
    TextAttr := normal;
      gotoxy(Menu.List[Pick].col, Menu.List[Pick].row);
      write(Menu.List[Pick].Choice);
    TextAttr := intense;
      gotoxy(Menu.List[Pick].col, Menu.List[Pick].row);
      write(Menu.List[Pick].Choice[1]);
    TextAttr := normal;
end; {ClrPrompt}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure DispPrompt( var Menu : MenuType;  var Pick : byte);
(*-------------------------------------------------------------------------*)
begin
    TextAttr := reverse;
       gotoxy(Menu.List[Pick].col, Menu.List[Pick].row);
       write(Menu.List[Pick].Choice);
    TextAttr := normal;
       if MsgLine <> 0 then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
          gotoxy(1,MsgLine); write(Menu.List[Pick].Msg); ClrEol;
        end;
end; {DispPrompt}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Function  Space(L: byte) : String;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
var i : byte;
   S : string;
begin
     S := '';
     for i := 1 to L do S := S + ' ';
     Space := S;
end; {Space}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure SaveStatus;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
var i : integer;
begin
     if WindowOpen then exit;
     move(Mem[ScrSeg:136], OldStatus[0], 22);
end; {SaveStatus}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure RestStatus;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
var i : integer;
begin
     if WindowOpen then exit;
     move(OldStatus[0], Mem[ScrSeg:136], 22);
end; {RestStatus}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure DispStatus(Status : String);
(*-------------------------------------------------------------------------*)
var
     row : Byte;          { old row before DispStatus }
     col : Byte;          { old col before DispStatus }
begin
     if WindowOpen then exit;
     row := WhereY;
     col := WhereX;
     SaveAttr;
     SetAttr(normal);
       gotoxy(69, 1);  clreol;           {clear old message}
     SetAttr(reverse);
       gotoxy((79 - length(Status)), 1);  {write new message}
       write(Status);
     RestoreAttr;
     gotoxy(col, row);
end; {DispStatus}
(*-------------------------------------------------------------------------*)
Procedure AlertSound;
(*-------------------------------------------------------------------------*)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
var   Count, i   : byte;
begin
     for Count := 1 to 6 do
     begin
          for i := 150 to 250 do
          begin
            sound(i);
            delay(5);
            NoSound;
          end;
          delay(100);
     end;
end; {AlertSound}

{-------------------------------------------------------------}
begin
  clrscr;
  box(01,01,79,23,2);
  {box(10,10,20,20,3);}
 gotoxy(03,04);writeln('[[[[   [[[[[   [[[[[[   [[[[[[   [[[[   [[[[[[[[[[[[[   [[[[');
 delay(10);
 gotoxy(03,05);writeln('[[[[   [[[[[   [[[[[[[  [[[[[[[  [[[[      [[[[      [[[[');
 delay(10);
 gotoxy(03,06);writeln('[[[[  [[[[[    [[[[ [[[ [[[ [[[[   [[[[      [[[[      [[[[');
 delay(10);
 gotoxy(03,07);writeln('[[[[[[[[[[     [[[[  [[[  [[[[   [[[[      [[[[      [[[[');
 delay(10);
 gotoxy(03,08);writeln('[[[[[[[[[[[    [[[[   [   [[[[   [[[[      [[[[      [[[[');
 delay(10);
 gotoxy(03,09);writeln('[[[[  [[[[[    [[[[       [[[[   [[[[      [[[[      [[[[');
 delay(10);
 gotoxy(03,10);writeln('[[[[   [[[[[   [[[[       [[[[   [[[[      [[[[      [[[[');
 delay(10);
 gotoxy(03,11);writeln('[[[[    [[[[[  [[[[       [[[[   [[[[      [[[[      [[[[[[[[[[');
 AlertSound;
 box(04,13,75,22,2);
 SetAttr(blink);
 gotoxy(31,15);writeln('KMITL PACKET RADIO');
 gotoxy(27,16);writeln('AX.25 LEVEL 2 Version 1.02');
 gotoxy(38,17);writeln('By');
 gotoxy(31,18);writeln('Narong    Numprasert');
 gotoxy(31,19);writeln('Yongyuth  Klongklaw');
 setAttr(reverse);
 gotoxy(01,24);writeln('                          Press any key to mainmenu                          ');
SetAttr(normal);
cursoroff;
readln;
chdir('c:\tterm\tterm');
exec('tterm3.exe','');
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TNC-1 and TNC-2 Command Sets

The following tables list the command sets of the TAPR TNC 1 (Table 1) and TNC 2 (Table 2). The tables include the name of each command, the default setting of the command, the command's optional parameters and a description of the command's function. If default and selectable parameters are not included, then the command is an *immediate* command, otherwise, it is a *configuration* command. Each table is subdivided into the various command categories: character, identification, link, monitor, reinitialization, serial port and timing commands.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1

TNC-1 Command Set

Character Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
BKondel x	ON	ON/Off	selects how deletions are displayed by DTE
CANline n	$18 <CTRL-X>	0 - $7F	selects cancel line input control character
CANPac n	$19 <CTRL-Y>	0 - $7F	selects cancel packet input control character
COMmand n	$03 <CTRL-C>	0 - $7F	selects Command Mode entry control character
DEbug n	$05 <CTRL-E>	0 - $7F	selects debug program entry character
DELete x	ON	ON/Off	selects delete input editing control character ($7F or $08)
PASs n	$16 <CTRL-V>	0 - $7F	selects "pass" input editing command control character
REDispla n	$12 <CTRL-R>	0 - $7F	selects redisplay-line input editing control character
SEndpac n	$0D <CR>	0 - $7F	selects Converse Mode control character that forces packet transmissions
STart n	$11 <CTRL-Q>	0 - $7F	selects restart control character for TNC output to terminal
STOp n	$13 <CTRL-S>	0 - $7F	selects stop control character for TNC output to terminal
XOff n	$13 <CTRL-S>	0 - $7F	selects the stop control character for terminal output to TNC
XON n	$11 <CTRL-Q>	0 - $7F	selects restart control character for terminal output to TNC

Identification Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
Beacon x	Every 0	Every/After 0 - 255 (x 10 sec)	enables/disables beacon transmissions
BText n	none	0 - 128 ASCII characters	enters contents of beacon
CWid x	ON	ON/Off	enables/disables automatic station identification
Id	—	—	transmits station identification in CW
IDText x	none	0 - 128 ASCII characters	enters contents of station identification
MYcall x	none	call sign [and optionally SSID (0-15)]	enters call sign (and optionally SSID)

MYVadr n	31	0 - 31	selects address byte for VADCG protocol operation
Unproto x	CQ	call sign (Via call sign1,... call sign8)	selects unprotocol mode packet destination (optionally, via call sign1,... call sign8)

Link Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
AX25 x	ON	ON/Off	on: selects AX.25; off: selects VADCG protocol
CAlibra	—	—	transfers to modem Calibration Mode
CONMode x	COnvers	COnvers/TRans	selects automatic entry into Converse or Transparent Mode after connection
Connect x	—	call sign (Via call sign1,... call sign8)	initiates connection to call sign (optionally, via call sign1,... call sign8)
CONOk x	ON	ON/Off	accepts/rejects connect requests
CONVers	—	—	transfers from Command Mode to Converse Mode
CR x	ON	ON/Off	enables/disables adding send-packet character to Converse Mode packets
DIGipeat x	ON	ON/Off	enables/disables AX.25 repeater function
Disconne	—	—	initiates disconnection from connected station
FUlldup x	Off	ON/Off	enables/disables full duplex mode
Hbaud n	1200	50 - 4800 (bauds)	selects radio port data rate
LFadd x	Off	ON/Off	enables/disables adding <LF> after each <CR> in outgoing packets
MAXframe n	4	1 - 7 (packets)	selects maximum number of outstanding unacknowledged packets
Paclen n	128	1 - 256 (bytes)	selects number of bytes per packet that automatically force packet transmissions
PRogram	—	—	transfers to EPROM programmer routine

RETry n	10	0 - 15 (packets)	selects maximum number of times unacknowledged frames are retransmitted
TRACe n	$1000	a 16-bit value	sets protocol debugging functions
Trans	—	—	transfers from Command Mode to Transparent Mode
Vdigipea x	Off	ON/Off	enables/disables digital repeating of packets with appropriate VADCG address byte
VRpt x	Off	ON/Off	enables/disables translation of VADCG address byte for digital repeating
XMitok x	ON	ON/Off	enables/disables transmitting

Monitor Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
DISPlay x	—	(optionally C, I, L, M, T, TI)	displays status of TNC parameters
MAll x	Off	ON/Off	selects monitoring connected and unconnected or only unconnected packets
MCon x	Off	ON/Off	enables/disables monitoring while the TNC is connected
MFrom x	none	call sign1,. . . call sign10	selects station(s) whose originated packets will be monitored via Monitor command
Monitor x	ON	ON/Off	enables/disables packet monitoring
MTo x	none	call sign1,. . . call sign10	selects station(s) whose addressed packets will be monitored via Monitor command

Perm Command

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
PErm	—	—	permanently saves all parameter value changes in TNC permanent memory

Reinitialization Command

Command	Default	Parameters	Description
Reset	—	—	performs soft reset of TNC while retaining any changed parameter values

Serial Port Commands

Command	Default	Parameters	Description
Abaud n	—	50 - 19200 (bauds)	selects serial port data rate
ABIt n	1	1 - 2 (bits)	selects number of stops bits per word
AUtoIf x	ON	ON/Off	enables/disables automatic <LF> sending after each <CR>
AWIen n	7	7 - 8 (bits)	selects number of data bits per word
Echo x	ON	ON/Off	enables/disables terminal character echo
EScape x	Off	ON/Off	selects $ or <ESC> as escape character sent to terminal from TNC
Flow x	ON	ON/Off	enables/disables type-in flow control
Lcok x	ON	ON/Off	disables/enables translation of lowercase characters to uppercase
NUcr x	Off	ON/Off	enables/disables sending <NULL> characters to terminal after each <CR>
NULf x	ON	ON/Off	enables/disables sending <NULL> characters to terminal after each <LF>
NULLs n	0	0 - 30 (even no. of <NULL> characters)	selects even number of <NULL> characters to be sent via NUCR and NULF commands
PARity n	3	0,1,2,3,4 (= odd,even,mark, space,none)	selects terminal parity
Screenl n	80	0 - 255 (columns)	selects number of columns per line to be displayed by terminal
TXFlow x	Off	ON/Off	enables/disables TNC software flow control in Transparent Mode

Xflow x	ON	ON/Off	selects XON/XOFF or hardware (RTS) flow control

Timing Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
AXDelay n	0	0 - 15 (x 120 ms)	selects delay between keying voice repeater and sending data
AXHang n	0	0 - 15 (x 120 ms)	selects voice repeater hang time
CMdtime n	1	0 - 15 (sec)	selects Transparent Mode timeout
CPactime x	Off	ON/Off	enables/disables periodic automatic packet transmission in Converse Mode
DWait n	2	0 - 15 (x 40 ms)	selects transmission delay (to avoid collisions)
FRack n	4	1 -16 (sec)	selects frame acknowledgment timeout
PACTime x	After 4	Every/After 0 - 15 (x 0.25 sec)	selects packet timeout
TXdelay n	4	0 - 16 (x 40 ms)	selects delay between keying transmitter and sending data

Table 2
TNC 2 Command Set

Character Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
BKondel x	ON	ON/OFf	selects how deletions are displayed by terminal
CANline n	$18 <CTRL-X>	0 - $7F	selects cancel line input control character
CANPac n	$19 <CTRL-Y>	0 - $7F	selects cancel packet input control character
COMmand n	$03 <CTRL-C>	0 - $7F	selects Command Mode entry control character
DELete x	OFf	ON/OFf	selects delete input editing control character ($7F or $08)
PASs n	$16 <CTRL-V>	0 - $7F	selects "pass" input editing command control character
REDispla n	$12 <CTRL-R>	0 - $7F	selects redisplay-line input editing control character
SEndpac n	$0D <CR>	0 - $7F	selects Converse Mode control character that forces packet transmissions

STArt n	$11 <CTRL-Q>	0 - $7F	selects restart control character for TNC output to terminal
STOp n	$13 <CTRL-S>	0 - $7F	selects stop control character for TNC output to terminal
STReamsw n	$7C |	0 - $FF	selects character that indicates new stream
XOff n	$13 <CTRL-S>	0 - $7F	selects stop control character for terminal output to TNC
XON n	$11 <CTRL-Q>	0 - $7F	selects restart control character for terminal output to TNC

Identification Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
Beacon x	Every 0	Every/After 0 - 250 (x 10 sec)	enables/disables beacon transmissions
BText n	none	0 - 128 ASCII characters	enters contents of beacon
CMSg x	OFf	ON/OFf	enables/disables CTEXT message transmission after connection
CText n	none	0 -120 ASCII characters	enters contents of packet sent after a connection
HId x	OFf	ON/OFf	enables/disables HDLC identification by digital repeater
Id	—	—	transmits special identification packet
MYAlias x	none	call sign [and optionally SSID (0-15)]	enters alternate call sign (and optionally SSID)
MYcall x	NOCALL-0	call sign [and optionally SSID (0-15)]	enters call sign (and optionally SSID)
Unproto x	CQ	call sign (Via call sign1,... call sign8)	selects unprotocol mode packet destination (optionally, via call sign1,... call sign8)

Link Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
Ax25l2v2 x	ON	ON/OFf	selects Version 2.0 or 1.0 of AX.25 Level 2

CALibra	—	—	transfers to modem Calibration Mode
CMSGDisc x	OFf	ON/OFf	enables/disables automatic disconnection after connection
CONMode x	Convers	Convers/Trans	selects automatic entry into Converse or Transparent Mode after connection
Connect x	—	call sign (Via call sign1,... call sign8)	initiates connection to call sign (optionally, via call sign1,... call sign8)
CONOk x	ON	ON/OFf	accepts/rejects connect requests
CONPerm x	OFf	ON/OFf	enables/disables maintenance of current connection
CONVers	—	—	transfers from Command Mode to Converse Mode
CR x	ON	ON/OFf	enables/disables adding send-packet character to Converse Mode packets
DIGipeat x	ON	ON/OFf	enables/disables TNC's repeater function
Disconne	—	—	initiates disconnection from connected station
FUlldup x	OFf	ON/OFf	enables/disables full duplex mode
LFadd x	OFf	ON/OFf	enables/disables adding <LF> after each <CR> in outgoing packets
MAXframe n	4	1 - 7 (packets)	selects maximum number of outstanding unacknowledged packets
NEwmode x	OFf	ON/OFf	enables/disables automatic transfer to Command Mode after disconnection
NOmode x	ON	ON/OFf	enables/disables manual-only mode transfers
Paclen n	128	0 - 255 (bytes) (0 = 256)	selects number of bytes per packet that automatically force packet transmissions
PASSAll x	OFf	ON/OFf	enables/disables accepting packets with invalid CRCs
RECOnnect x	—	call sign (Via call sign1,... call sign8)	Initiates reconnection with currently connected station via different path
REtry n	10	0 - 15 (packets)	selects maximum number of times unacknowledged frames are retransmitted

TRACe x	OFf	ON/OFf	enables/disables Trace Mode
Trans	—	—	transfers from Command Mode to Transparent Mode
USers n	1	0 - 10 (connections)	selects number of active requested connections that may be established

Monitor Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
XMitok x	ON	ON/OFf	enables/disables transmitting
ASyrxovr	—	—	displays number of times software fails to service asynchronous receiver in time
BBfailed	—	—	displays number of times checksum of battery-backed RAM was in error
BBSmsgs x	OFf	ON/OFf	controls how certain messages are displayed in command and converse modes
BUdlist x	OFf	ON/OFf	ignores frames from stations listed/not listed by LCALLS command
CBell x	OFf	ON/OFf	enables/disables <BELL> when connection is established
CONStamp x	OFf	ON/OFf	enables/disables connect status message time stamping
CStatus	—	—	displays stream identifier and link state of the streams
DAytime n	none	yymmddhhmm (date and time)	displays or sets TNC clock
DAYUsa x	ON	ON/OFf	selects mm/dd/yy or dd-mm-yy format for display of dates
DIGISent	—	—	displays number of frames digitally repeated by TNC
DISPlay x	—	(optionally A, C, H, I, L, M, T)	displays status of TNC parameters
HEaderln x	OFf	ON/OFf	selects printing packets and headers on same line or on separate lines

HEALled x	OFf	ON/OFf	enables/disables random flashing of CON and STA front panel indicators
HOvrerr	—	—	displays number of times data is lost because HDLC receiver is not serviced in time
HUndrerr	—	—	displays number of aborted frames due to untimely servicing of HDLC transmitter
LCAlls x	none	call sign1,... call sign8	enters call signs monitored or not monitored via BUDLIST command
MAll x	ON	ON/OFf	selects monitoring connected and unconnected or only unconnected packets
MCOM x	OFf	ON/OFf	enables/disables monitoring connect and disconnect frames via MONITOR command
MCon x	ON	ON/OFf	enables/disables monitoring while the TNC is connected
MFilter	n1...n4 none	0 - $7F	select 1 to 4 ASCII characters to be stripped from monitored packets
MHClear	—	—	clears list of stations heard by the TNC
MHeard	—	—	displays list of stations heard by TNC since last time command was invoked
Monitor x	ON	ON/OFf	enables/disables packet monitoring
MRpt x	ON	ON/OFf	enables/disables display of digital repeater call signs for monitored packets
MStamp x	OFf	ON/OFf	enables/disables monitored frame time-stamping
RCVDFrmr	—	—	displays number of frame reject frames received from connected station
RCVDIfra	—	—	displays number of I frames received from connected station
RCVDRej	—	—	displays number of reject frames received from connected station

RCVDSabm	—	—	displays number of received SABM frames addressed to the TNC
RXCount	—	—	displays number of received frames with good CRC
RXErrors	—	—	displays number of discarded frames due to length or bad CRC
SENTFrmr	—	—	displays number of transmitted frame reject frames
SENTIfra	—	—	displays number of transmitted I frames
SENTRej	—	—	displays number of transmitted reject frames
STREAMCa x	OFf	ON/OFf	enables/disables displaying connected station's call sign after stream identifier
STREAMDbl x	OFf	ON/OFf	enables/disables displaying two streamswitch characters for each one received
TRIes n	none	0 - 15 (retries)	displays or enters the number of retries of currently selected stream
TXCount	—	—	displays number of correctly transmitted frames
TXQovflw n	0	0 - 9999	displays number of discarded frames due to small outgoing frame queue
TXTmo	0	0 - 9999	displays number of times TNC recovers from HDLC transmitter time-outs

Reinitialization Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
RESET	—	—	reinitializes TNC and resets TNC parameters to default values
RESTART	—	—	reinitializes TNC using the TNC parameter values stored in RAM

Serial Port Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
8bitconv x	OFf	ON/OFf	strips/passes eighth bit in Converse Mode
AUtolf x	ON	ON/OFf	enables/disables automatic <LF> sending after each <CR>
AWlen n	7	7 - 8 (bits)	selects number of data bits per word
Echo x	ON	ON/OFf	enables/disables terminal character echo
EScape x	OFf	ON/OFf	selects $ or <ESC> as escape character sent to terminal from TNC
Flow x	ON	ON/OFf	enables/disables type-in flow control
Kiss	OFf	ON/OFf	enables/disables the Serial Line Interface Protocol (SLIP) between TNC and computer
LCok x	ON	ON/OFf	disables/enables translation of lowercase characters to uppercase
LCStream x	ON	ON/OFf	enables/disables uppercase conversion of character following streamswitch
LFIgnore x	OFf	ON/OFf	enables/disables TNC's lack of response to <LF> in Command and Converse Modes
NUcr x	OFf	ON/OFf	enables/disables sending <NULL> characters to terminal after each <CR>
NULf x	OFf	ON/OFf	enables/disables sending <NULL> characters to terminal after each <LF>
NULLs n	0	0 - 30 (<NULL> characters)	selects number of <NULL> characters to be sent via NUCR and NULF commands
PARity n	3	0,1,2,3 (= no,odd,even parity)	selects terminal parity
RXBlock x	OFf	ON/OFf	enables/disables sending data to terminal in RXBLOCK format
ScreenIn n	80	0 - 255 (columns)	selects number of columns per line to be displayed by terminal
TRFlow x	OFf	ON/OFf	enables/disables terminal software flow control in Transparent Mode

TXFlow x	OFf	ON/OFf	enables/disables TNC software flow control in Transparent Mode
Xflow x	ON	ON/OFf	selects XON/XOFF or hardware (RTS) flow control

Timing Commands

Command	*Default*	*Parameters*	*Description*
AXDelay n	0	0 - 180 (x 10 ms)	selects delay between keying voice repeater and sending data
AXHang n	0	0 - 20 (x 100 ms)	selects voice repeater hang time
CALSet n	2060	0 - 65535	selects count setting used for modem calibration
CHeck n	30	0 - 250 (x 10 sec)	selects connection inactivity timeout
CLKADJ n	0	0 - 65535	selects correction factor for TNC clock
CMdtime n	1	0 - 250 (sec)	selects Transparent Mode timeout
CPactime x	OFf	ON/OFf	enables/disables periodic automatic packet transmission in Converse Mode
DWait n	16	0 - 250 (x 10 ms)	selects transmission delay (to avoid collisions)
FRack n	3	1 - 15 (sec)	selects frame acknowledgment timeout
PACTime x	After 10	Every/After 0 - 250 (x 100 ms)	selects packet timeout
RESptime n	5	0 - 250 (x 100 ms)	selects minimum delay for acknowledgment packet transmissions
TXdelay n	30	0 - 120 (x 10 ms)	selects delay between keying transmitter and sending data

TNC-1 and TNC-2 Control Characters

ASCII	*Hex*	*Dec*	*Command*	*Function*
|	7C	124	STReamsw	indicates a new stream
<CR>	0D	13	SEndpac	sends a packet in the Converse Mode
<CTRL-C>	03	3	COMmand	transfers from Converse to Command Mode
<CTRL-E>	05	5	DEbug	transfers to TNC-1 debug program
<CTRL-H>	08	8	BKondel	display indication of a character deletion
<CTRL-H>	08	8	DELete	deletes a character
<CTRL-Q>	11	17	STArt	restart TNC output to terminal
<CTRL-Q>	11	17	XON	restart terminal output to TNC
<CTRL-R>	12	18	REDisplay	redisplays currently typed line
<CTRL-S>	13	19	STOp	stops TNC output to terminal
<CTRL-S>	13	19	XOff	stops terminal output to TNC
<CTRL-V>	16	22	PASs	includes following character in a packet
<CTRL-X>	18	24	CANline	cancels currently typed line
<CTRL-Y>	19	25	CANPac	cancels currently entered packet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TNC Messages

This appendix describes status messages that may be sent to a terminal by a TAPR TNC 1 or TAPR TNC 2 (or clone).

TNC 1

cmd:—Command mode command prompt; indicates that the TNC is waiting for a command

EH?—indicates that an entry could not be interpreted as a command by the TNC; a dollar sign ($) shows the problem area in the entry

HDLC can't init—indicates that the HDLC IC could not be commanded when the TNC was reset

High RAM size is n—indicates the size in *n* hexadecimal bytes of RAM installed at U8

Input ignored—indicates that a portion of an invoked command was ignored by the TNC; the beginning of the ignored portion is shown by a dollar sign ($)

Link state is: CONNECT in progress—indicates that the "Connect" command was invoked while the TNC was already attempting a connection

Link state is: CONNECTED to x (VIA x1, x2,... x8)—indicates that the "Connect" command was invoked while the TNC was already connected to station X [optionally, VIA digipeater(s) *x1* through *x8*]

Link state is: DISCONNECT in progress—indicates that the "Disconnect" command or the "Connect" command without options was invoked while the TNC was attempting a disconnection

Link state is: DISCONNECTED—indicates that the "Disconnect" command or the "Connect" command without options was invoked while the TNC was disconnected

Link state is: FRMR in progress—indicates that a protocol error occurred during a connection

Not while connected—indicates that you tried to change a parameter that could not be changed during a connection

PIA can't init—indicates that the PIA IC could not be commanded when the TNC was reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM size is n—indicates that the TNC RAM was verified and that its size is *n* hexadecimal bytes

TAPR packet radio—displayed after a reset is performed by toggling switch 1 off; indicates that the TNC was initialized with parameter values stored in NOVRAM

too many packets pending—indicates that the Converse or Transparent command was invoked before a sufficient number of outstanding packets were acknowledged

Tucson Amateur Packet Radio Corporation

TAPR/AMSAT AX.25 level 2 version n.n—displayed after a reset is performed by toggling switch 1 on; indicates that the TNC was initialized with the default parameter values of version *n.n* of the TNC firmware

Value out of range—indicates that the value specified in a command was not an acceptable value; a dollar sign shows the problem area in the entered value

was—indicates the previous value of a parameter after a command is invoked to change that value

TNC 2

bbRAM loaded with defaults—indicates that RAM was loaded with default parameter values

cmd:—Command mode command prompt; indicates that the TNC is waiting for a command

FRMR sent: n—indicates that a protocol error occurred during a connection and a FRMR packet was transmitted to the remote TNC to synchronize frame numbers; the FRMR packet contains three bytes in its information frame represented in hexadecimal by *n*

FRMR rcvd:—indicates that a protocol error occurred during a connection and that a FRMR packet was received from the remote TNC

Link state is: CONNECT in progress—indicates that the "Connect" command was invoked while the TNC was already attempting a connection

Link state is: CONNECTED to x (VIA x1, x2,... x8)—indicates that the "Connect" command was invoked while the TNC was already connected to station *x* [optionally, VIA digipeater(s) *x1* through *x8*]

Link state is: DISCONNECT in progress—indicates that the "Disconnect" command or the "Connect" command without options was invoked while the TNC was attempting a disconnection

Link state is: DISCONNECTED—indicates that the "Disconnect" command or the "Connect" command without options was invoked while the TNC was disconnected

Link state is: FRMR in progress—indicates that a protocol error occurred during a connection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

too many packets outstanding—indicates that the "Converse" or "Transparent" command was invoked before a sufficient number of the outstanding packets were acknowledged

was—indicates the previous value of a parameter after a command is invoked to change that value

*** *connect request: x (VIA x1, x2,... x8)*—indicates that the TNC has rejected a connect request from station *x* [optionally, VIA digipeater(s) *x1* through *x8*]

*** *CONNECTED to: x (VIA x1, x2,... x8)*—indicates that a connection occurred between the TNC and station *x* [optionally, VIA digipeater(s) *x1* through *x8*]

*** *DISCONNECTED*—indicates that a disconnection occurred

*** *LINK OUT OF ORDER, possible data loss*—indicates that a link failure has occurred with the Conperm parameter enabled

*** *retry count exceeded*

*** *DISCONNECTED*—indicates that a disconnection occurred because the allowed number of retries was exceeded

*** *x busy*

*** *DISCONNECTED*—indicates that a connect request from station *x* was rejected

?already connected to that station—in multiple connection operation, indicates that the "Connect" command was invoked to attempt a connection to a station that was already connected to the TNC

?bad—indicates that an entry could not be interpreted by the TNC as a parameter of the invoked command

?call—indicates that an entry could not be interpreted as a call sign by the TNC

?clock not set—After the "Daytime" command is invoked, indicates that the clock is not set.

?EH—indicates that an entry could not be interpreted as a command by the TNC

?not enough—indicates that an insufficient number of parameters were specified for the invoked command

?not while connected—indicates that an attempt was made to change the MYcall or AX25L2V2 parameter while connected or while attempting a connection.

?not while disconnected—indicates that an attempt was made to invoke a command that can only be used during a connection

?range—indicates that the value specified in a command was not an acceptable value

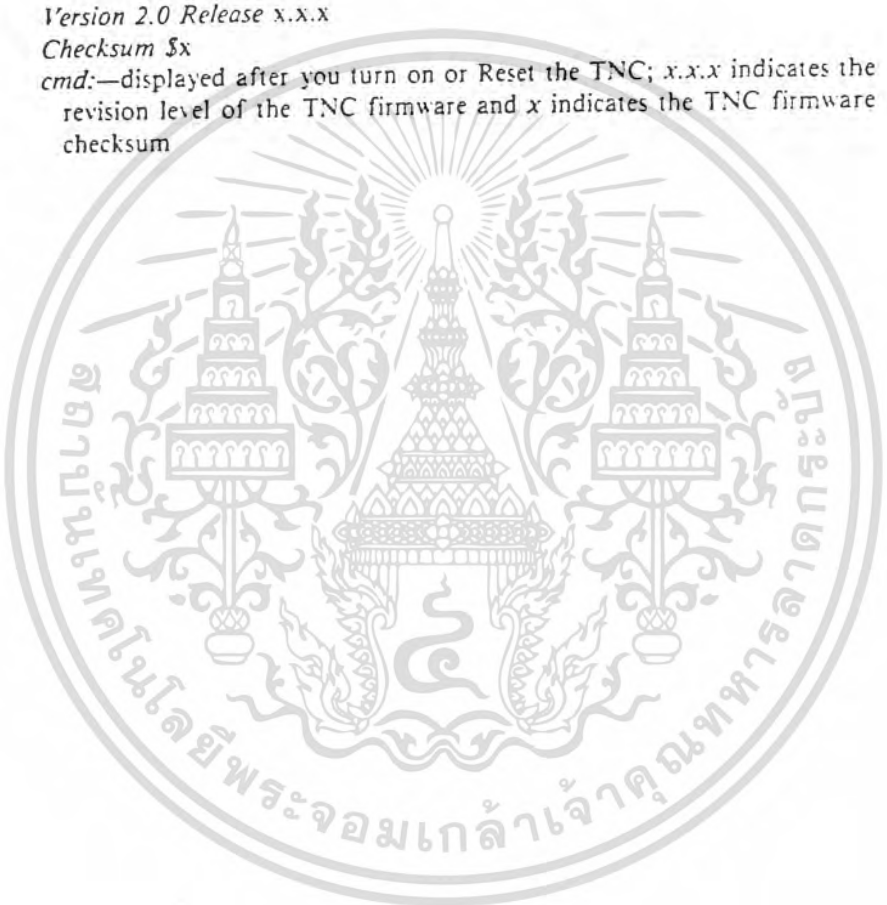
?too long—indicates that an invoked command contained too many characters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

?too many—indicates that too many parameters were specified for the invoked command

?VIA—indicates that *VIA* was not used when invoking a command that specified digipeater call sign(s)

|A
Tucson Amateur Packet Radio
TNC 2 AX.25 Level 2
Version 2.0 Release x.x.x
Checksum $x
cmd:—displayed after you turn on or Reset the TNC; *x.x.x* indicates the revision level of the TNC firmware and *x* indicates the TNC firmware checksum



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASCII Character Set

The following table lists the ASCII character set, including each character's decimal, hexadecimal and binary value and each control-character's name.

Character	*Decimal*	*Hex*	*Binary*	*Name*
NUL	0	00	00000000	null
CTRL-A (SOH)	1	01	00000001	start of heading
CTRL-B (STX)	2	02	00000010	start of text
CTRL-C (ETX)	3	03	00000011	end of text
CTRL-D (EOT)	4	04	00000100	end of transmission
CTRL-E (ENQ)	5	05	00000101	enquiry
CTRL-F (ACK)	6	06	00000110	acknowledge
CTRL-G (BEL)	7	07	00000111	bell
CTRL-H (BS)	8	08	00001000	backspace
CTRL-I (HT)	9	09	00001001	horizontal tab
CTRL-J (LF)	10	0A	00001010	line feed
CTRL-K (VT)	11	0B	00001011	vertical tab
CTRL-L (FF)	12	0C	00001100	form feed
CTRL-M (CR)	13	0D	00001101	carriage return
CTRL-N (SO)	14	0E	00001110	shift out
CTRL-O (SI)	15	0F	00001111	shift in
CTRL-P (DLE)	16	10	00010000	data link escape
CTRL-Q (DC1/XON)	17	11	00010001	device control 1/X-on
CTRL-R (DC2)	18	12	00010010	device control 2
CTRL-S (DC3/XOFF)	19	13	00010011	device control 3/X-off
CTRL-T (DC4)	20	14	00010100	device control 4
CTRL-U (NAK)	21	15	00010101	negative acknowledge
CTRL-V (SYN)	22	16	00010110	synchronous idle
CTRL-W (ETB)	23	17	00010111	end of block
CTRL-X (CAN)	24	18	00011000	cancel
CTRL-Y (EM)	25	19	00011001	end of medium
CTRL-Z (SUB)	26	1A	00011010	substitute
ESC	27	1B	00011011	escape

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Binary	Name
FS	28	1C	00011100	file separator
GS	29	1D	00011101	group separator
RS	30	1E	00011110	record separator
US	31	1F	00011111	unit separator
SP	32	20	00100000	space
!	33	21	00100001	
"	34	22	00100010	
#	35	23	00100011	
$	36	24	00100100	
%	37	25	00100101	
&	38	26	00100110	
'	39	27	00100111	apostrophe
(	40	28	00101000	
)	41	29	00101001	
*	42	2A	00101010	
+	43	2B	00101011	
,	44	2C	00101100	comma
-	45	2D	00101101	
.	46	2E	00101110	
/	47	2F	00101111	
0	48	30	00110000	
1	49	31	00110001	
2	50	32	00110010	
3	51	33	00110011	
4	52	34	00110100	
5	53	35	00110101	
6	54	36	00110110	
7	55	37	00110111	
8	56	38	00111000	
9	57	39	00111001	
:	58	3A	00111010	
;	59	3B	00111011	
<	60	3C	00111100	
=	61	3D	00111101	
>	62	3E	00111110	
?	63	3F	00111111	
@	64	40	01000000	
A	65	41	01000001	
B	66	42	01000010	
C	67	43	01000011	
D	68	44	01000100	
E	69	45	01000101	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Binary	Name
F	70	46	01000110	
G	71	47	01000111	
H	72	48	01001000	
I	73	49	01001001	
J	74	4A	01001010	
K	75	4B	01001011	
L	76	4C	01001100	
M	77	4D	01001101	
N	78	4E	01001110	
O	79	4F	01001111	
P	80	50	01010000	
Q	81	51	01010001	
R	82	52	01010010	
S	83	53	01010011	
T	84	54	01010100	
U	85	55	01010101	
V	86	56	01010110	
W	87	57	01010111	
X	88	58	01011000	
Y	89	59	01011001	
\	90	5A	01011010	
[	91	5B	01011011	
	92	5C	01011100	
]	93	5D	01011101	
^	94	5E	01011110	
_	95	5F	01011111	
`	96	60	01100000	
a	97	61	01100001	
b	98	62	01100010	
c	99	63	01100011	
d	100	64	01100100	
e	101	65	01100101	
f	102	66	01100110	
g	103	67	01100111	
h	104	68	01101000	
i	105	69	01101001	
j	106	6A	01101010	
k	107	6B	01101011	
l	108	6C	01101100	
m	109	6D	01101101	
n	110	6E	01101110	
o	111	6F	01101111	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Binary	Name
p	112	70	01110000	
q	113	71	01110001	
r	114	72	01110010	
s	115	73	01110011	
t	116	74	01110100	
u	117	75	01110101	
v	118	76	01110110	
w	119	77	01110111	
x	120	78	01111000	
y	121	79	01111001	
z	122	7A	01111010	
{	123	7B	01111011	
|	124	7C	01111100	
}	125	7D	01111101	
~	126	7E	01111110	
DEL	127	7F	01111111	delete
	128	80	10000000	
	129	81	10000001	
	130	82	10000010	
	131	83	10000011	
	132	84	10000100	
	133	85	10000101	
	134	86	10000110	
	135	87	10000111	
	136	88	10001000	
	137	89	10001001	
	138	8A	10001010	
	139	8B	10001011	
	140	8C	10001100	
	141	8D	10001101	
	142	8E	10001110	
	143	8F	10001111	
	144	90	10010000	
	145	91	10010001	
	146	92	10010010	
	147	93	10010011	
	148	94	10010100	
	149	95	10010101	
	150	96	10010110	
	151	97	10010111	
	152	98	10011000	
	153	99	10011001	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Binary	Name
	154	9A	10011010	
	155	9B	10011011	
	156	9C	10011100	
	157	9D	10011101	
	158	9E	10011110	
	159	9F	10011111	
	160	AO	10100000	
	161	A1	10100001	
	162	A2	10100010	
	163	A3	10100011	
	164	A4	10100100	
	165	A5	10100101	
	166	A6	10100110	
	167	A7	10100111	
	168	A8	10101000	
	169	A9	10101001	
	170	AA	10101010	
	171	AB	10101011	
	172	AC	10101100	
	173	AD	10101101	
	174	AE	10101110	
	175	AF	10101111	
	176	B0	10110000	
	177	B1	10110001	
	178	B2	10110010	
	179	B3	10110011	
	180	B4	10110100	
	181	B5	10110101	
	182	B6	10110110	
	183	B7	10110111	
	184	B8	10111000	
	185	B9	10111001	
	186	BA	10111010	
	187	BB	10111011	
	188	BC	10111100	
	189	BD	10111101	
	190	BE	10111110	
	191	BF	10111111	
	192	C0	11000000	
	193	C1	11000001	
	194	C2	11000010	
	195	C3	11000011	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Binary	Name
	196	C4	11000100	
	197	C5	11000101	
	198	C6	11000110	
	199	C7	11000111	
	200	C8	11001000	
	201	C9	11001001	
	202	CA	11001010	
	203	CB	11001011	
	204	CC	11001100	
	205	CD	11001101	
	206	CE	11001110	
	207	CF	11001111	
	208	D0	11010000	
	209	D1	11010001	
	210	D2	11010010	
	211	D3	11010011	
	212	D4	11010100	
	213	D5	11010101	
	214	D6	11010110	
	215	D7	11010111	
	216	D8	11011000	
	217	D9	11011001	
	218	DA	11011010	
	219	DB	11011011	
	220	DC	11011100	
	221	DD	11011101	
	222	DE	11011110	
	223	DF	11011111	
	224	E0	11100000	
	225	E1	11100001	
	226	E2	11100010	
	227	E3	11100011	
	228	E4	11100100	
	229	E5	11100101	
	230	E6	11100110	
	231	E7	11100111	
	232	E8	11101000	
	233	E9	11101001	
	234	EA	11101010	
	235	EB	11101011	
	236	EC	11101100	
	237	ED	11101101	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Character	Decimal	Hex	Binary	Name
	238	EE	11101110	
	239	EF	11101111	
	240	F0	11110000	
	241	F1	11110001	
	242	F2	11110010	
	243	F3	11110011	
	244	F4	11110100	
	245	F5	11110101	
	246	F6	11110110	
	247	F7	11110111	
	248	F8	11111000	
	249	F9	11111001	
	250	FA	11111010	
	251	FB	11111011	
	252	FC	11111100	
	253	FD	11111101	
	254	FE	11111110	
	255	FF	11111111	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ คือ ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์ และ คณาจารย์ประจำภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรมที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านคำปรึกษา เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่เป็นอย่างดี โดยเฉพาะ คุณ จิรชัย สุทธิโยธิน และ เรืออากาศตรี ประยูร ภู่แสง ซึ่งสละเวลาให้คำปรึกษาทางด้านซอร์ฟแวร์ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในการทำปริญญานิพนธ์นี้ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านอย่างสูงมา ณ.โอกาสนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

Steve Ford "Your Packet Companion ",The American Radio Relay Leagne,USA,1992

Stan Horzepa "Your Gateway to Packet Radio ",The American Radio Relay Leagne,USA,1991

Terry L. Fox,"AX.25 Amateur Packet-Radio Link-Layer Protocol", The American Radio Relay League,USA,1984

ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ , ทินกร ดุ๊ก "การสื่อสารข้อมูล",สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, กรุงเทพ ฯ,2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้